

Mikael Vuorijärvi

Vesialtaiden ja -säiliöiden betonirakenteiden kunnostustyön toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

8.4.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Mikael Vuorijärvi Vesialtaiden ja -säiliöiden betonirakenteiden kunnostustyön toteutus 79 sivua 8.4.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Työpäällikkö Samuli Halkosaari Aluejohtaja Pekka Räsänen Lehtori Mika Räsänen
<p>Insinööri työ tilattiin Skanska Infralle ja siinä tutkittiin vesialtaiden ja -säiliöiden betonirakenteiden kunnostustyön laatuun, aikatauluun ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Tavoitteena oli selvittää, miten kunnostustöiden toteutus saataisiin vastaamaan Skanskan tavoitteita.</p> <p>Insinööri työ suoritettiin tutkimalla alan kirjallisia ohjeistuksia, internetlähteitä sekä haastatteleamalla työmaan työnjohtoa.</p> <p>Kunnostustyöhön vaikuttavia tekijöitä tutkittiin, koska alan kohteet ovat yhteiskunnallisesti kriittisiä rakenteita, joiden kunnostustöiden toteutukset ovat aikataulullisesti rajallisia. Samassa urakassa esiintyy usein myös useita kohteita, jotka vaativat työryhmien käytön ja määrien suunnittelua. Vanhenevat rakenteet edellyttävät kunnostusta, joka toteutetaan tehokkaasti kerralla oikein.</p> <p>Kunnostustyössä havaittiin olevan tärkeää suunnitella työ ja aikataulu huolellisesti, sekä huomioida olosuhteet ja niiden kehittyminen. Olosuhteiden hallinnan havaittiin vaikuttavan merkittävästi laatuun ja aikaan, sekä epäonnistuessaan myös kustannuksiin. Sääsuoja- ja telinerakenteissa havaittiin riskitekijöitä, jotka edellyttävät huolellista suunnittelua. Oikeiden työmenetelmien havaittiin myös vaikuttavan tuotannon onnistumiseen ja tarvittaessa voitaisiin käyttää vaihtoehtoisia menetelmiä ja tuotteita.</p>	
Avainsanat	betonirakenne, vesiallas, vesisäiliö, laatu, aikataulu, kustannukset, korjaus, kunnostus

Author(s) Title	Mikael Vuorijärvi Execution of the Refurbishment of Concrete Water Pools and Tanks
Number of Pages Date	79 pages 8 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Environmental Construction
Instructors	Pekka Räsänen, Regional Manager Samuli Halkosaari, Contract Manager Mika Räsänen, Lecturer
<p>This thesis was made for Skanska Infra and the objective was to study the execution of the refurbishment of concrete water pools and tanks at construction sites.</p> <p>The objective was to study what effects the quality, time schedule and costs of a refurbishment project. The aim of this study was to find out how these projects should be carried out for them to be in line with Skanska's objectives.</p> <p>The study was carried out by studying written guidelines of the industry, Internet sources and by interviewing construction site managers.</p> <p>Careful planning and scheduling were found out to be important factors along with considering the work conditions and their development. Managing the conditions was found out to have a significant impact on the quality and time schedule. If managing the conditions fails, there will also be costs. Weather shelters and scaffoldings were also found out to have risk factors that require careful structural design. Finding optimal working methods was also seen to affect the success of the production and using alternative methods and products could be used if necessary.</p>	
Keywords	concrete structure, water pool, tank, quality, time, costs, refurbishment, repair

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vesialtaiden betonirakenteet	3
2.1	Betoni rakennusmateriaalina allas- ja säiliörakenteissa	3
2.2	Tyypillisiä vesialtaita ja säiliöitä Suomessa	4
2.3	Tyypillisiä vaurioita altain ja säiliöiden betonirakenteissa	6
2.3.1	Halkeilu	8
2.3.2	Rapautuminen	10
2.3.3	Kemiallinen korroosio	12
2.3.4	Raudituksen korroosio	13
3	Betonirakenteiden kunnostustyön vaiheet ja toteutus	16
3.1	Kuntotutkimukset ja korjaussuunnitelma	16
3.2	Kunnostustyö	17
3.2.1	Kunnostustyön aloitus purkutöillä	18
3.2.2	Betonissa esiintyvien vaurioiden käsittely	18
3.2.3	Pinnoitustyö	20
3.2.4	Työn viimeistely	21
3.3	Sääsuojaus ja kosteudenhallinta	22
3.4	Aikataulutus	23
3.5	Laadunvalvonta	23
4	Betonirakenteiden kunnostustyön toteutuksen hallinta	24
4.1	Aikataulu- ja tehtäväsuunnittelu	24
4.1.1	Last Planner System	24
4.1.2	LPS-menettelyn sisältämät vaiheet	25
4.1.3	Luotettavan tuotannon toimintatapa	27
4.1.4	Apuohjelmia	30
4.2	Laadunvarmistus työn aikana	31
4.2.1	Laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet	31
4.2.2	Mallityöt	33
4.2.3	Purkutyöt	33

4.2.4	Betonipaikkaus	34
4.2.5	Injektointi	35
4.2.6	Tasoitus- ja tartuntalaastit	37
4.2.7	Pinnoitus	39
4.2.8	Tartuntavetolujuus	40
4.2.9	Kalvopaksuudet	41
4.3	Olosuhdehallinta	42
4.3.1	Sääsuojaus	43
4.3.2	Varastointi ja sekoituspaikka	45
4.3.3	Kulku kohteeseen	45
4.3.4	Telineet	46
4.3.5	Valaistus	47
4.4	Menekit ja työmenetelmät	48
4.5	Työryhmä	51
4.5.1	Perustyöryhmän kokoonpano	51
4.5.2	Perustyöryhmän kustannukset	52
4.5.3	Edut ja haitat	53
4.6	Vaihtoehtoiset aineet	54
4.6.1	Polyurea	54
4.6.2	Nopeasti kuivuvat aineet	55
4.7	Ympäristö	56
4.7.1	Ympäristöä häiritsevät toimenpiteet	56
4.7.2	Jätehuolto	57
4.7.3	Energia	58
5	Kunnostustyön haasteet ja kriittiset tekijät	60
5.1	Kunnostustyöhön sisältyviä merkittäviä riskitekijöitä	60
5.2	Aikataulu ja käytettävät työryhmät	63
5.3	Telineiden ja sääsuojien käyttö	64
5.4	Sääolosuhteet	67
6	Tulokset	69
6.1	Aikataulu- ja työnsuunnittelu	69
6.2	Työmaan käytännöt	69
6.3	Työmenetelmät	71
6.4	Laadunvarmistus	72
6.5	Työryhmät	72
7	Yhteenveto	74

Lyhenteet

5M	Viisi miksi -analyysi sisältää viisi kysymystä, jotka tarkentavat edeltävää kysymystä
Bar	Baari on SI-järjestelmän paineen yksikkö, jossa 1 baari vastaa 10 N/cm ²
ISO 8501-1	Standardi terästuotteiden puhdistukseen ennen jatkokäsittelyä, voimassa kansainvälisesti
LEAN	Johtamisfilosofia, jossa tavoitteena on poistaa tuottamaton toiminta tuotannosta
LPS	Last Planner System on rakennustyömaan tuotannonohjausteoria
LTT	Luotettavan Tuotannon Toimintatapa käytössä Skanskalla
LVV	Lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmä
MJ-torni	Suomessa elementtivesitornit saivat nimen Matti Janhusen perusteella, joka vaikutti tornien kehittämiseen
pH	Kuvaa liuoksen happamuutta, jossa 7 on neutraali, 14 emäksinen ja <1 hapan
RakMk	Rakennusmääräyskokoelma
Ratu	Ratu-kortisto sisältää rakennustuotannon tietoa
RH	Suhteellinen ilmankosteus
RIL	Rakennusinsinööriliitto
MPa	Megapascal on paineen yksikkö, jossa 1 Pa = 1 N/m ²
Sa	Teräksen puhdistusaste suihkupuhaltaamalla

SFS-EN	Merkitsee Suomessa ja Euroopassa voimassa olevaa standardia
SILKO	Liikenneviraston Siltojen korjausohjeet
St	Terästen puhtausaste, joka saavutetaan koneellisesti
Tth/yks	Työntekijätuntia yksikköä kohden
TS 08 01 11	Maali- ja lakkajätteet, jotka sisältävät orgaanisia liuottimia tai muita vaarallisia aineita. Jätteiden luokittelutapa Suomessa.
TES	Työehtosopimus
TTS	Työnturvallisuussuunnitelma
XA	Betoniin aiheutuma kemiallisen rasituksen luokitus
XC	Betoniin karbonatisoitumisesta aiheutuvan rasituksen luokitus
XD	Betoniin klorideista aiheutuvan rasituksen luokitus
XF	Betoniin sulamis-jäätymisrasituksesta aiheutuma rasitus
XS	Betoniin merivedestä aiheutuvan rasituksen luokitus
Yks/tv	Yksikköä työvuoroa kohden

1 Johdanto

Suomessa on kattava vesihuollon järjestelmä, jota kehitetään jatkuvasti ja ylläpidetään toimintakuntoisena. Järjestelmä on rakennettu vuosikymmenien aikana ja osa sen rakenteista edellyttää peruskorjausta ja kunnostustoimenpiteitä. Osa vesialtaista ja -säiliöistä tehdään korjaussuunnitelmia ja aloitetaan korjaustyöt, kun tarkastustoiminnan perusteella on löydetty rakenteiden vaurioita ja puutteita. Vesialtaiden ja -säiliöiden betonirakenteiden korjaus- ja kunnostustyötä tehdään vesihuollon järjestelmiin, jotta voitaisiin varmistaa rakenteen toiminta koko suunnitellun elinkaaren aikana. Kunnostustyön tarkoituksena on ylläpitää rakenteen toimintakykyä sen käyttötarkoitusta vastaavana.

Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada tietoa, miten pystytään varmistamaan betonisten allas- ja säiliörakenteiden kunnostusurakoiden ajallinen, laadullinen ja kustannuksellinen hallinta, siten että riskienhallinnan kannalta Skanskan tavoitteet toteutuvat. Lisäksi tavoitteena on saada konkreettista tietoa työmenekeistä ja hintatasoista huomioiden eri tekijät ja löytää toimivia menettelytapoja.

Tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitä kriittisiä vaiheita betonirakenteiden kunnostustyössä esiintyy?
- Mitkä tekijät vaikuttavat kunnostustyön tuloksiin? Miten tekijät vaikuttavat?
- Miten voidaan parhaiten toteuttaa Skanskan tavoitteet laadullisesti, ajallisesti ja kustannuksellisesti?

Miksi aihe valittiin?

Skanska Infra on toteuttanut useita vesihuollon hankkeita, joihin on sisältynyt kunnostettavia betoniallasrakenteita. Useita näistä vesihuollon betonirakenteista on rakennettu vuosikymmeniä aiemmin ja nyt näiden ikääntyvien betonirakenteiden korjausvelka kasvaa jatkuvasti. Vesihuollon rakenteet ovat usein myös huoltovarmuuden kannalta yhteiskunnallisesti kriittisiä kohteita, joille korvaavia järjestelmiä ei usein ole tai niiden varmuus on kyseenalainen ja käyttökustannukset suuria.

Suomessa kunnostettavia kohteita on kuitenkin suhteessa muuhun rakentamiseen vähäisesti käynnissä samanaikaisesti ja samalla myös ammattitaitoisia pää- ja aliurakoitsijoita, kuntokartoittajia ja suunnittelijoita on rajoitetusti saatavilla. Lisäksi tilaajaorganisaatiot ovat usein kokemattomia tämän kaltaisten projektien läpivienneissä, mikä nähdään eräänä riskitekijänä urakoissa.

Aikataulut kunnostuksen toteuttamiseen ovat usein rajallisia ja tärkeää olisikin voida tunnistaa työvaiheen kriittisiä polkuja, jotta läpimenoajat voitaisiin varmistaa. Tulevia urakoita varten halutaan saada paremmin hallintaan kunnostustyön ajalliset, kustannukselliset ja laadulliset tekijät urakassa ja selvittää niiden kriittisiä polkuja ja keskinäisiä riippuvuuksia sekä Skanskan tavoitteiden mukainen toteutuminen.

Opinnäytetyön toimeksiantaja

Skanska Infra Oy on yksi merkittävimmistä Suomessa toimivista rakentajista, joka on toiminut useissa jäte- ja puhdasvesijärjestelmiin liittyvissä projekteissa. Tämä opinnäytetyö tehdään Skanska Infran Kaupunki- ja teollisuusrakentamisen yksikölle, jonka projekteihin kuuluvat jäte- ja vesihuollon rakenteet, joihin tässä opinnäytetyössä käsiteltävät betoniset allas- ja säiliörakenteet kuuluvat.

Rajaus

Opinnäytetyössä näkökulma rajataan koskemaan altaiden betonirakenteiden kunnostustyön kriittisten tekijöiden tarkasteluun ja laajempaan kokonaisuuteen, kuten esimerkiksi muihin työvaiheisiin, viitataan tarvittaessa.

Painopiste on kuitenkin pääasiassa varsinaisessa kunnostustyövaiheessa, jossa toimintaa käsitellään työmaan ja pääurakoitsijan kannalta. Työstä rajataan pois tarjous- ja takuvaiheisiin liittyvät tekijät, joita voidaan kuitenkin maininnan tasolla käsitellä tutkimuksessa, mikäli erityinen tarve tähän esiintyy.

Opinnäytetyön toteutus perustuu työmailta kerättävään kokemustietoon sekä kirjalliseen tutkimukseen aiheesta.

2 Vesialtaiden betonirakenteet

Vesialtaat ja -säiliöt käsittävät tässä opinnäytetyössä vesihuollon teollisia prosessialtaita, jotka sijaitsevat jäteveden ja puhtaan veden käsittelylaitoksissa, vesitorneissa sekä muissa laitoksissa.

2.1 Betoni rakennusmateriaalina allas- ja säiliörakenteissa

Betonia käytetään yleisesti rakenteissa sen suotuisten ominaisuuksien ja kustannustehokkuuden johdosta. Suotuisia ominaisuuksia betonissa ovat erityisesti puristuslujuus, johon teräsbetonisessa tai jännitetyssä rakenteessa saadaan raudoitusten avulla lisättyä vetolujuutta. Lisäksi betonin suotuisana ominaisuutena on hyvä rasitusten sietokyky, joka Suomen olosuhteissa tarkoittaa pakkasenkestävyytenä ja allasrakenteissa kemiallisten rasitusten sietokykyä. Kemiallisten rasitusten kestävyyttä voidaan parantaa käyttämällä sopivaa sideainetta, hyvää kiviainesta, huolehtimalla jälkihoidosta ja tiivistämisestä vaikuttaen betonin tiiviuteen, sekä käyttämällä pinnoitusaineita. [1, s. 69,104,117.]

Vesialtaissa ja -säiliöissä käytetään kohteeseen soveltuvaa vesitiivistä betonia, jolla on käyttötarpeen mukaisia erityisominaisuuksia, kuten sulfaattien kestävyys aggressiivisissa olosuhteissa. Vesialtaat ja -säiliöt ovat tavallisesti massiivisia paikallavalu kohteita, joissa käytetään käyttöön soveltuvia pinnoitteita sisä- ja ulkoreunoilla. Käytössä on myös elementtirakenteisia vesitorneja eli niin sanottuja MJ-torneja. [2, s.16.]

Betonirakenteita suunnitellessa huomioidaan seuraavat ympäristöolosuhteista johtuvat rasitustekijät betonilaatua valittaessa, joissa kirjainyhdistelmä kertoo rasitusluokan ja numero rasituksen merkittävyyden:

- Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, XC1–4
- Kloridien aiheuttama korroosio, XD1-3
- Meriveden kloridien aiheuttama korroosio, XS1-3
- Jäätymis- ja sulatusrasitus, XF1-4
- Kemiallinen rasitus, XA1-3. [45, s.88.]

Betonilaatua valittaessa jäte- ja puhdasvesialtaisiin huomioidaan betoniin käyttökoh-
teessa kohdistuvat rasitukset, jolloin jätevesialtaiden betoneissa tulee huomioida kemi-
allinen rasitus lisänä muihin rasitteisiin. Pinnoitteiden ja muiden betonipintaan lisättävien
aineiden avulla voidaan parantaa betonin kestävyyttä eri rasituksia vastaan käyttöiän
maksimoimiseksi. [45, s.88; 50, s.8,19.]

2.2 Tyypillisiä vesialtaita ja säiliöitä Suomessa

Skanska Infran urakoissa tavanomaisesti esiintyneet vesihuollon betonirakenteiset ve-
sialtaat voidaan jakaa karkeasti jäte- ja puhdasvesialtaisiin. Molemmissa esiintyy erilai-
sia kohteelle ominaisia rasituksia sekä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat rakenteeseen.
Kohteen ominaiset rasitukset vaikuttavat rakenteen materiaalivaatimuksiin sekä kunnos-
tustyöntoteutukseen. Suomessa betonirakenteisia vesialtaita ja -säiliöitä esiintyy ulko- ja
sisätiloissa, joissa altaan ulkoreuna voi olla upotettuna maahan tai ilmassa. Kuvassa 1
Lahdessa sijaitseva Nikkilän vesitorni, jonka säiliö-osa on verhoiltu ja lämpöeristetty.



Kuva 1. Nikkilän vesitorni Lahdessa [Ramboll, 2013].

Puhdasvesialtaista ja -säiliöistä merkittävimpiä tyypillisesti betonirakenteisia kohteita
ovat vesitornit ja alavesisäiliöt, joiden toimivuus puhtaan veden tuottamisella yhteiskun-
nalle ja rakenteellinen turvallisuus ovat merkitykseltään kriittisiä. Nämä kohteet palvele-
vat niin ikään myös paloturvallisuuden tarkoitusta ollessaan tärkeitä sammutusveden
saannille nyky-yhteiskunnassa. Puhdasvesijärjestelmässä altaita ja säiliöitä esiintyy

myös vedenkäsittelylaitoksissa sekä järjestelmissä, joista hankitaan raakavettä. [2, s.3, 11, 17.]

Betonirakenteisia jätevesialtaita käytetään esimerkiksi puhdistamoilla ja jätteenkäsittelylaitoksilla, joissa tulee erityisesti huomioida aggressiivisen veden ja kemikaalien aiheuttamat rasitukset betonirakenteelle ja torjua rasitukset oikeilla ainevalinnoilla ja niiden luomilla yhdistelmillä. [3, s.4.]



Kuva 2. Ämmässuon jätteenkäsittelylaitoksen suotovesiallas [Mikael Vuorijärvi, 2014].

Vesien käsittelyyn varatuissa allasrakenteissa merkittävimmät rasitukset kohdistuvat etenkin vedenpinnan raja-alueelle sekä sen yläpuolelle, johon suunnitteluohjeistuksessa määritellään korkeampi rasitusluokka kuin alapuolisille rakenteille. Jätevesialtaissa lisänä on kemikaalien ja muun toiminnan aiheuttama syövyttävä ja rapauttava lisärasitus. [45, s. 88–89.]

Lisäksi rasituksia aiheutuu vedestä, joka kuluttaa tasaisesti ja hiljaa betonipintaa sekä mahdollisista muista ulkoisista tekijöistä kuten painumista. Vesialtaiden betonirakenteilta vaaditaan tiiviyyttä, läpäisemättömyyttä ja vaadittujen kemiallisten rasitusten kestäkykyä. [8, s.87–88; 9, s.33]

Suomessa on tällä hetkellä useita betonirakenteisia vesialtaita, joita on tehty etenkin sodan jälkeisinä vuosikymmeninä 1950–1980 kaupungistumisen ja taajamien kasvun edellyttäessä vesihuollon lisäresursseja ja kehittymistä. Tuolloin rakennetut betonirakenteet ovat osittain vanhentumassa käyttöikänsä puolesta ja vaativat kunnostustoimenpiteitä, jotta käyttöä voitaisiin jatkaa. Betonirakenteiden kulumisen rasisuuden alaisuudessa on täysin normaalia, mikä edellyttää käyttöikänsä aikana suoritettavaksi huolto- ja korjaustoimenpiteitä rakenteen käyttötarkoituksen turvaamiseksi. [2, s.16,42–52.]

Eri aikakausina laadittujen rakenteiden rasisuutena ovat rakennusaikaiset määräykset ja ohjeistukset, joilla on ollut oma vaikutuksena rakenteiden tämän hetkiseen kuntoon. Nykyiseen altaiden ja säiliöiden betonirakenteiden korjaustarpeeseen on vaikuttanut myös ylimitoitettu käsitys betonin kestävydestä rakenteessa. Käsitys on johtanut kunnossapidon epämääräisiin toteutuksiin, missä oma vaikutuksensa on ollut tiedon puutteella ja korjaustöiden huonossa suorituslaadussa. [2, s.42–52.]

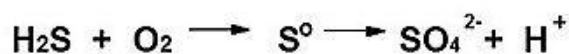
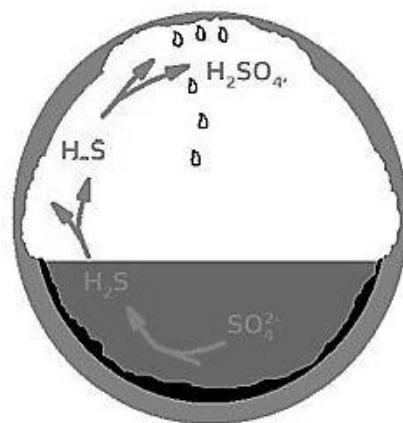
Betonirakenteiden korjaustyön laadun parantamiseksi on vuonna 2009 käyttöön otettu eurooppalainen standardi SFS-EN 1504, joka käsittelee periaatteita betonirakenteiden korjaustyöhön [8, s.223; 6, s.8].

2.3 Tyypillisiä vaurioita altaiden ja säiliöiden betonirakenteissa

Vesirakenteissa tavanomaisin vaurio liittyy vesivuotoihin, jotka johtuvat usein halkeilusta, jota korjataan injektioimalla. Kantavuutta vaarantavat vauriot ovat mahdollisia ja Jyväskylän vesitornin romahdus 2012 on tuonut esiin tarpeen etenkin jännitetyjen rakenteiden tarkasteluun. Vaurioitumista ja korjausta arvioidessa tuleekin huomioida vaurioiden syntymekanismi ja siihen vaikuttaneet olosuhteet, jotka ovat eri rakenneosissa erilaisia. [2, s.42–52: 7, s.6.]

Rikkivedyn hapettuminen rikkihapoksi on esimerkki jätevesien käsittelyyn liittyvästä erityisrasisuudesta, jota tavataan hitaan virtaaman hapettomilla alueilla. Rikkihappoa muodostuu seinille kertyvän sulfaattia pelkistävän bakteerikasvuston muodostaessa hapettomassa tilassa veteen liuenneesta rikkivedystä rikkihappoa. Vapautuva rikkihappo haurastuttaa nopeasti myös uusiakin betonirakenteita. [16, s.11–13.]

Jätevesien käsittelyssä on huomioitava esimerkiksi rikkihapon ja muiden haitallisten reaktiotuotteiden muodostuminen kuten kuvassa 1 esitetään bakteerikasvuston aikaansaama rikkihapon aiheuttama syöpyminen [5].



Thiobacillus

Kuva 3. Rikkivety hapettuu *Thiobacillus*-bakteerin toimesta rikkihapoksi, joka vaurioittaa betonirakenteita [5, luettu 13.1.2015.]

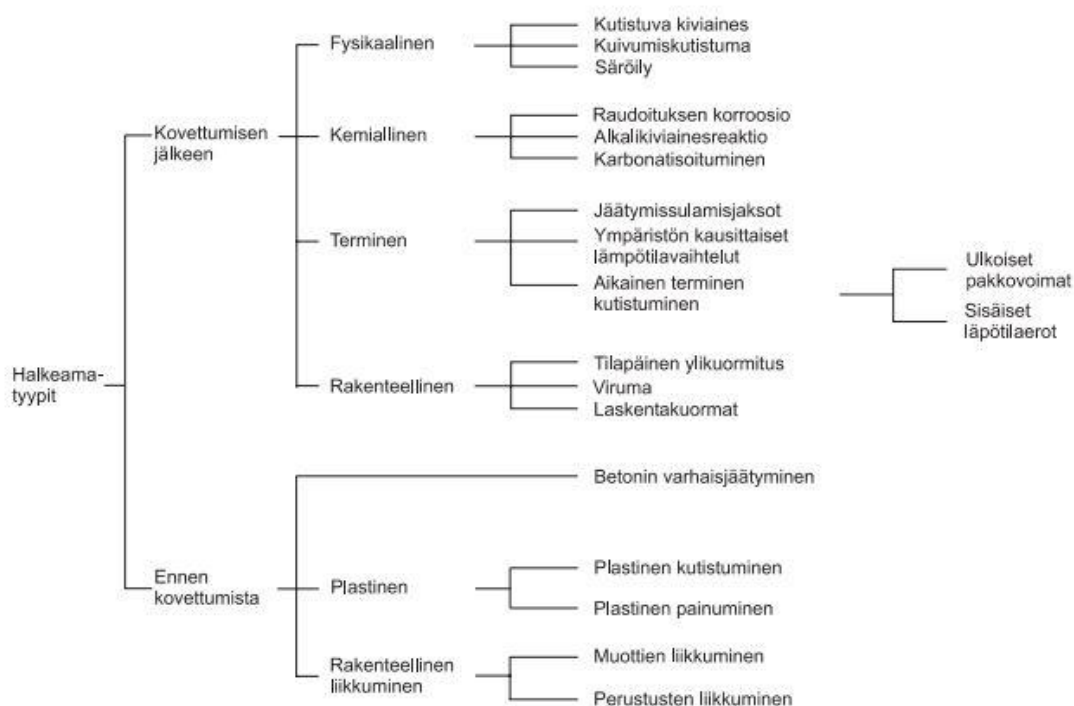
Esimerkiksi ylävesisäiliön sisäpuolen vedenpintaa alempana olevat rakenteet eivät vesimassan lämpötilan johdosta jäädy tai karbonatisoidu, mutta kattorakenteissa kondenssivesi voi jäätyä ja aiheuttaa vaurioita. Säiliön ulkopinta on kuitenkin alttiina karbonatoitumiselle ja sitä kautta raudotteiden korroosiolle. [2, s.42–52.]

Ulkotiloissa sijaitsevien vesitornien ulkopinnoille merkittävin rasitus ovat yleensä sääolosuhteet, joihin vaikuttavat kohteen erityisominaisuudet. Esimerkiksi korkealla pakkasen vaikutusta lisäävä kova tuuli, viistosade sekä etelä- ja länsisivujen tavallista kovempi sulamis-jäätymisilmiö tehostavat vaurioiden syntymistä. Pakkasvauriot aiheuttavat rapautumista ja siten myös raudotteiden korroosiota. Rapautuminen on vakavaa etenkin, jos sitä esiintyy laajalti kantavien rakenteiden yhteydessä. [2, s.42–52.]

Yleisesti kunnostettavissa kohteissa betonirakenteet ovat pääosin hyvässä kunnossa, mutta etenkin jätevesien käsittelyaltaissa on esiintynyt merkittäviäkin vaurioita. Pääasiassa rakenteet edellyttävät kunnostusta elinkaaren varmistamiseksi, jotta toiminta ei vaarannu tulevaisuudessa. [44.]

2.3.1 Halkeilu

Halkeilu on betonirakenteille ominainen vauriotyyppi, jonka muodostumisen on voinut aiheuttaa useakin eri tekijä ja halkeilu voi olla seuraus myös muista vaurioista kuten raudoitteen ruostumisesta. Halkeilun muodostumiseen vaikutetaan suunnittelu- ja rakennusvaiheissa rakennesuunnittelun, betonin suhteituksen, työsuorituksen ja jälkihoidon aikana valitsemalla sopivat toimenpiteet, joilla halkeilua voidaan rajoittaa. [1, s.92–93.]



Kuva 4. Betonirakenteen halkeamien syntymekanismit [7, s.4].

Halkeilu voi olla myös välillinen seuraus raudoituksen ruostumisesta tai rapautumisesta, jotka voivat ilmentyä vuosienkin päästä rakenteen valmistumisesta. Lisäksi halkeilun muodostumisen on voinut aiheuttaa ympäristöstä johtuva tekijä, kuten epätasainen kuoritus, suuret lämpötilamuutokset tai perustusten painuminen. [1, s.92–97.]

Halkeilu voi myös johtaa muihin vaurioihin raudoitteessa, jotka ovat halkeilun seurauksena alttiina korroosiolle. Etenkin 0,2 mm levyisissä raudoitteeseen yltävissä halkeamissa betonin fysikaalinen ja kemiallinen kyky suojata raudoitusta heikkenee. [1, s.92.]

Halkeilun seurauksena vesialtaissa voi herkästi esiintyä vesivuotoja etenkin altaiden alaosissa, joissa suuri vedenpaine johtaa vuotoihin jopa pienissäkin alle 0,1 mm halkeamissakin. Altaiden yläosissa toispuolinen vedenpaine saattaa johtaa alle 0,2 mm halkeamien tukkeutumiseen, kun kalsiumhydroksidi kiteytyy kalsiumkarbonaatiksi betonirakenteen ulkopinnalla. [2, s.44–45.]



Kuva 5. Halkeama vesitornin pohjalaattaelementin leuassa [2, s.45].

Vesialtaissa ja -säiliöissä halkeilua esiintyy määrällisesti eniten raudoituksen ruostumisen yhteydessä, jolloin korjattavat alueet ovat usein pienempiä mutta runsaslukuisia. Halkeilusta johtuvat vesivuodot ovat myös yleisiä mutta lukumääräisesti vähäisempiä [2, s.44–45].

Kuormitusperäinen halkeilu on vesialtaissa harvinaista, sillä kuormitustaso voidaan yleensä pitää hallinnassa ylivirtausputkin. Halkeilua voi kuitenkin vesitorneissa esiintyä kannatinpalkeissa havaittavissa olevista tiheinä ja kapeina virumishalkeamina, joka johtuu vedenpinnan vaihtelun kuormituksesta. [2, s.44–45.]

2.3.2 Rapautuminen

Rapautuminen on kosteusrasituksen aiheuttama seuraus betonissa, joka voi aiheuttaa samankaltaisia vaurioita vaikka aiheutuisikin eri tekijöistä. Vesirakenteissa rapautuminen on ongelmallista lähinnä vanhemmissa rakenteissa, joissa betonin laatu on ollut vaihtelevaa. Rapautumisen edellytyksenä on kyllästyminen vedellä, jota vastaan toimivat tiivis betoni sekä suojaaminen vesirasitteelta. Pakkasrapautumisessa jäätymistä vastaan suojahuokostus on toimiva keino estää vaurioituminen.[4, s.29.]



Kuva 6. Betonin pakkasrapautuma [2, s.51].

Suomessa esiintyy tyypillisesti pakkasrapautumaa, jonka aiheuttaa betonin huokosrakenteessa jäätyvän veden tuottama paine sen ollessa estynyt leviämään. Nykyään pakkasrasitukselle alttiina olevien rakenteiden valmisbetonissa tulee olla suojahuokosia, johon jäätyvän veden paine voi siirtyä. Pakkasrapautumista tehostaa suola, joka lisää jääkiteiden painetta betonin huokosissa ja aiheuttaa halkeilua betonin pinnalla se aiheuttaa pintaosan jäähtymistä jään sulamisen vaatiessa betonista lämpöä. [1, s.104–106; 4, s.29–32.]

Pakkasrapautuminen edellyttää kuitenkin huokosverkoston täyttymistä vedellä ennen jäätymistä riittävästi pakkasrajan alle, mikä ei kuivassa rakenteessa pääse tapahtumaan. Rakenne säilyy kuivana pakkasrapautumista vastaan sen ollessa pinnoitettuna asianmukaisesti, kuten vesihuollon rakenteen yleensä ovat. Toisaalta nykyään pakkasrasitukselle altistuvaa rakennebetonia suojataan käyttämällä betonin valmistuksessa huokostinta, joka luo tarpeeksi suuria suojahuokosia estämään jäätyksen aiheuttamaa rapautumista. [53, s. 62–64.]

Rapautumista voi aiheutua myös ettringiittireaktiosta, jossa sulfaattimineraalit reagoivat sementtikivessä muodostaen kiteytyntä ettringiittiä. Kiteytynyt ettringiitti täyttää suojahuokosia ja edistää siten pakkasrapautumaa sekä voi myös itsessään aiheuttaa tarpeeksi suuren paineen rapautumisen syntymiseen. Ettringiittireaktiota voidaan estää syntymästä käyttämällä sulfaatinkestävää betonia. [4, s.33–34.]

Kolmas tekijä rapautumisessa voi olla alkalikiviainesreaktio, joka on Suomessa kuitenkin harvinainen johtuen käytettävän kiviaineksen hyvästä kemiallisesta kestävästä. Reaktion aiheuttaa sementtikiven alkalisuus, joka johtaa kiviaineksen paisumiseen. Korjaustyössä on hyvä olla selvillä, mikäli rapautuminen johtuu alkalikiviainesreaktiosta, sillä se voi jatkua korjauksen jälkeenkin. [4, s.35–36; 10, s. 19.]

Tyypillisesti rapautumisen halkeamat sijaitsevat tällöin tasaisesti koko betonirakenteessa syvällekin mentäessä kun taas pakkasrapautumisessa halkeilu on voimakkainta pinnalla ja vähenee syvemmälle mentäessä [4, s.35–36; 10, s. 19].

Vaikka alkalikiviainesreaktiota ei ole Suomessa havaittu, on siitä aiheutuvia ongelmia raportoitu Ruotsissa jo 30 vuoden ajan. Suomessa ongelmaa ei ole tutkittu laajasti, mikä on johtanut reaktion heikkoon tuntemukseen ja ohjeistuksien puutteeseen. Suomen kiviaineksen on oletettu olevan kemiallisesti kestävä, mutta geologisesti aines on hyvin vastaavaa Ruotsissa käytettävien kanssa. [4, s.35–36; 10, s. 19.]

Rapautuminen tehostaa muiden vaurioiden syntymistä veden päästessä tunkeutumaan helpommin syvemmälle, sekä betonin veto- ja puristuslujuuden heikentyessä [2, s. 42–52].

2.3.3 Kemiallinen korroosio

Kemiallista korroosiota tapahtuu betonissa yleisimmin neljästä eri syystä, jotka ovat hapot, sulfaatit, alkalikiviainesreaktiot ja biologiset rasitukset [1, s.117].

Happojen vaikutuksesta muuttuvat sementtikiven kalsiumyhdisteet käytetyn hapon kalsiumsuoloiksi ja hapon voimakkuudesta riippuen se kykenee syövyttämään betonin eri yhdisteitä ja esimerkiksi heikoimmat hapot reagoivat vain kalsiumhydroksidin kanssa. Hapot vaikuttavat vain pääasiassa betonin pinnalla, jonka ne turmelevat, mutta betonin ollessa riittämättömän tiivistä ne voivat myös siirtyä syvemmälle. Happojen vaikutusta betonissa voidaan torjua pinnoitteilla, jotka on uusittava suunnitelluin väliajoin. [1, s.117–118.]



Kuva 7. Rikkihapon aiheuttamaa vauriota betonissa johtuen happamista sulfaattimaista [57].

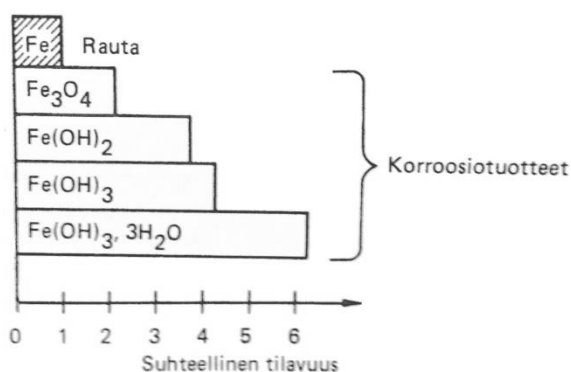
Sulfaatit aiheuttavat rapautumista betonirakenteessa sulfaatti-ionien reagoidessa betonikivessä ja tuottaen tilavuudeltaan moninkertaisia reaktiotuotteita. Sulfaatin vaikutusta voidaan ehkäistä tiiviillä betonirakenteella ja käyttämällä sulfaatinkestävää sementtiä. [1, s.118.]

Myös alkalikiviainesreaktioon liittyy korroosiota, joka liittyy sen betonia rapauttavaan vaikutukseen ja haitta-aineiden vapaaseen pääsyyn raudoitukseen. [4, s.35–36; 10, s. 19.]

Biologiset rasitukset eli elävät organismit tai mikro-organismit, kuten kasvillisuus voi aiheuttaa betonissa halkeilua tai edistää pakkasrapauma, mutta ne ovat useimmiten vain ulkonäköön vaikuttavia tekijöitä. Jätevesirakenteissa voi kuitenkin esiintyä rikkiyhdisteiden muuttumista rikkihapoksi lietteessä elävien aerobisten bakteerien toiminnan seurauksena, jolloin rikkihappo voi aiheuttaa happovaurioita vedenpinnan yläpuolella. Vaurioita esiintyy tavallisesti betoniviemäreissä, sekä kaivojen yhteydessä. [1, s. 120.]

2.3.4 Raudoituksen korroosio

Korroosio eli ruostuminen on teräkselle ominainen sähkökemiallinen reaktio, joka tapahtuu kosteassa ilmanalassa teräksen raudan muuttuessa hapettuessaan rautaoksideiksi ja hydroksideiksi. Ruostuessaan raudoitteen suhteellinen tilavuus kasvaa, mikä lisää halkeilua rakenteessa ja pahentaa korroosion leviämistä sekä raudoitteen pinta-alan pienentyessä heikentää sen vetolujuutta. Korroosion aiheutumista ehjässä betonirakenteessa estää betonin tarjoama fysikaalinen suoja, joka estää haitta-aineiden eli veden, hapen ja kloridien pääsyn raudoitukselle sekä kemiallinen betonin emäksisyydestä pH 13...14 johtuva suojaava oksidikalvo. [1, s.97–102.]



Kuva 8. Raudoituksen korroosiotuotteiden suhteellinen tilavuus verrattuna rautaan on moninkertainen [1, s.102].

Betonipeitteen paksuudella ja tiiviydellä on merkittävä vaikutus korroosion muodostumisen ehkäisyssä, sillä peitteen suojaava vaikutus heikentää haitta-aineiden tunkeutumista hidastamalla niitä mitä syvemmälle betoniin ne joutuvat vaikuttamaan. Suojapeitteen

avulla halutaan hallita betonin karbonatisoitumista sekä kloridien tunkeutumista betoniin. [1, s.97–102.]

Karbonatisoituminen on betonin pinnalta alkava reaktio, jossa ilman hiilidioksidi reagoi betonin kalsiumyhdisteiden kanssa johtaen pH:n laskuun betonissa ja siten korroosiolta suojaavan oksidikalvon tuhoutumiseen. Betonirakenteissa karbonitisoitumisesta johtuvaan korroosioon vaikuttaa erityisesti raudoitteiden betonipeitteen suojapaksuuden jääminen alhaiseksi työvirheistä johtuen. Esimerkiksi betonipeitteen jäädessä 15 mm paksuiseksi pääsee korroosio karbonitisoitumisesta johtuen alkamaan jo 20 vuoden sisällä. [1, s.97–102; 53 s. 62.]

Kloridit voivat tunkeutua betonirakenteeseen aiheuttaen raudoitusten korroosiota saavutettuaan raja-arvon, joka tyypillisesti on 0,05...0,12 % betonin painosta tai 0,4...0,9 % sementin painosta. Toisin kuin karbonatisoituminen, joka etenee betonissa suhteellisen samassa syvyydessä, kloridipitoisuus vähenee tasaisesti syvemmälle mentäessä. [1, s.97–102.]



Kuva 9. Raudoituksen korroosiota Ursan vesitornissa Lahdessa [Mikael Vuorijärvi, 2014].

Kloridipitoisuuteen vaikuttaa etenkin sementin kyky sitoa klorideja, jossa vaikuttavana tekijänä on kalsiumkarbonaattipitoisuus, mikä tarkoittaa karbonatisoitumisen nopeuttavan korroosiota sen reagoiessa kalsiumin kanssa samalla vapauttaen kloridit aiheuttamaan korroosiota. [1, s.97–102.]

Korroosionopeuteen vaikuttavat yleisesti suhteellinen ilmankosteus ja lämpötila, jotka huonoimmassa tapauksessa ovat RH 95 %, lämpötilan ollessa 20°C ja etenkin jos rakenne kastuu ja kuivuu vuorotellen kuten allasrakenteen vedenpinnan yläpäässä tapahtuu. Toinen riskialtis alue ovat viistosateelle alttiit kohdat, jossa korroosion on havaittu alkavan huomattavasti muita rakenteita aikaisemmin[1, s.97–102; Betoni 3/13 s. 62.]

Korroosiota on tarkasteltava kantavuutta vaarantavana tekijänä jos kyseessä on jännitetyn rakenteen jänneterästen ruostuminen. Tällöin pienien poikkileikkauksien syöpyminen aiheuttaa kapasiteetin alenemista nopeasti jänneteräksissä, jotka välittävät suuria voimasuureita. [2, s.44–45.]

3 Betonirakenteiden kunnostustyön vaiheet ja toteutus

Betonirakenteiden kunnostustyöhön liittyy useita eri vaiheita, joita eri toimijat suorittavat. Tavallisesti rakenteen hallitsija eli tilaaja suorittaa jatkuvaa tarkastustoimintaa ja tarvittaessa tilaa erillisiä kuntotutkimuksia, joiden perusteella määritellään rakenteen korjaustarpeet. Mikäli korjaustarve on tarpeeksi suuri, tilaaja tekee päätöksen korjaussuunnittelun tilaamisesta suunnittelijakonsultilta ja korjaussuunnitelman perusteella tilaaja hakee erikoistuneen urakoitsijan suorittamaan korjaustyön.

3.1 Kuntotutkimukset ja korjaussuunnitelma

Nykyisen ohjeistuksen mukaan allas- ja säiliörakenteita etenkin puhdasvesijärjestelmissä tulisi tarkastaa järjestelmällisesti viikoittain yleisestä järjestystä tarkkaillen ja vuosittain tarkemmin rakenteita silmämääräisesti tutkien. [2, s.21–23.]

Silmämääräiseen tutkintaan perustuva kuntoarvio suoritetaan vähintään 10 vuoden välein tai jos vuositarkastuksessa esiintyy tarve lisäselvityksille. Kuntoarvion perusteella annetaan toimenpide-ehdotuksia, joissa voidaan ehdottaa suoritettavaksi kattavampia kuntotutkimuksia, jotka suoritetaan konsulttien toimesta. [2, s.21–23.]

Kuntotutkimus suoritetaan tiedetyn vaurion laajuuden selvittämiseksi tai korjaussuunnittelua varten, ja työn suorittajalta esimerkiksi vesitorneilla vaaditaan tehtävän mukaisesti FISE A-vaativuusluokan kuntotutkijan pätevyys betoni- ja lvv-kuntotutkimuksiin ja betonisilla vesitorneilla AA-vaativuusluokan betonirakenteiden suunnittelijan pätevyys. Korjaussuunnittelussa betonirakenteiden korjaussuunnittelijan A-pätevyys (FISE) on suositeltavaa ja suunnittelijan pätevyysvaatimus määräytyy RakMk A2:n /22/ mukaan suunnittelutehtävän vaativuuden mukaan. Talousvesilaitoksissa edellytetään myös voimassa olevaa vesityökorttia, jotta käytössä olevaan allastilaan voidaan mennä. [2, s.11–13, 35–37, 83.]

Allas- ja säiliörakenteista selvitetään betonirakenteen sisältämät vauriot sekä kunto, joiden perusteella tilaajan osoittama suunnittelijakonsultti valmistaa ehdotettavan korjaussuunnitelman vaihtoehtoiseen rakenteen kunnostamista varten. Suunnittelukonsultin va-

lintaa ohjaavat kelpoisuusvaatimukset, joissa on huomioitu kylmien ja kovassa kosteusrasituksessa olevien betonirakenteiden korjaustyön vaativuus sekä talousveden vaatimat elintarvikehygienian ymmärrys. [2, s.63, 69–71.]

3.2 Kunnostustyö

Pääurakoitsijan osalta altain tai säiliöiden betonirakenteiden kunnostustyö on usein osa suurempaa kokonaisuutta, kuten koko vesitornin kattavaa korjaustyötä. Vesitorneista voidaan kunnostaa esimerkiksi ulko- ja sisäverhousta, järjestelmiä ja muita rakenteita. [2, s.3; 14.]

Vesialtaat ja -säiliöt ovat usein niihin liittyvien järjestelmien toiminnan kannalta kriittisiä, mikä edellyttää niiden korvaamista väliaikaisin menetelmin tai järjestelmin työn ajaksi. Väliaikaisia järjestelmiä on harvoin suunniteltu pitkäaikaiseen käyttöön tai niiden kapasiteetit voivat olla riittämättömiä erityistilanteissa, mikä edellyttää kunnostustyöltä nopeaa toteutusaikataulua. [2, s.3; 14.]

Korjaustyö edellyttää urakoitsijalta ammatillisesti pätevää ja soveltuvan koulutuksen omaavaa vastuuhenkilöstöä vaatimat pätevyyydet sekä referenssitodistuksia. Esimerkiksi FISE:n betonirakenteiden korjaustyönjohtajan pätevyystodistus on hyödyllinen. [2, s.64–66, s.98.]

Betonirakenteiden kunnostustyössä tilaaja usein sopimuksessaan urakoitsijan kanssa varaa sidottuja määriä, jotka kerrotaan urakoitsijan määrittelemien työsuoritusten yksikköhinnoin. Yksikköhinnoin kerrotut sidotut määrät muodostavat osan urakan kokonaishinnasta, johon vaikuttavat myös muut työsuoritteet. Sidotut määrät saadaan tehtyjen tutkimusten pohjalta, joiden avulla luodaan arvio korjattavista määristä. Sidottujen määrien avulla voidaan käsitellä esimerkiksi korroosiovaurioituneiden raudoitteiden kunnostusta, joiden todellinen määrä selviää vasta työn aikana. Luonnollista on kuitenkin muutosten sisältyminen näihin määriin, mitä varten pääurakoitsija suorittaa tarkemittauksia tehtyjen määrien suhteen ja esittää ne piirroksessa. Urakan lopullinen hinta määräytyy tehtyjen määrien mukaisesti, joiden perusteella urakoitsija joko hyvittää tai laskuttaa tilaajaa. [2, s.64–66.]

3.2.1 Kunnostustyön aloitus purkutöillä

Kunnostustyöt allasrakenteissa aloitetaan mahdollisimman nopeasti purkutöillä, kun tarvittavat työsuunnitelmat on tehty, kunnostettava alue on tarkastettu, asianmukaisesti suojattu ja tarvittavat väliaikaiset rakenteet ja työkoneet ovat käytettävissä.



Kuva 10. Hiekkapuhallus käynnissä suotovesialtaalla Ämmäsuolla [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Purkutöissä joudutaan tavallisesti ensimmäiseksi suorittamaan esikäsitteily betonipinnoille puhdistamalla alusta, joka suoritetaan poistamalla vanha pinnoite, lika tai sementtiliimakerros. Betonipinta puhdistetaan käyttäen sopivaa menetelmää, kuten suurpaine-pesu, hiekkapuhallus, vesipiikkaus ja käyttäen erilaisia hiomakoneita. Käytettävät menetelmät esitetään korjaustyösuunnitelmassa tai ne voidaan sopia yhdessä tilaajan kanssa. Menetelmästä tehdään ensimmäiseksi mallikatselmus työmenetelmän hyväksymiseksi toimenpiteeseen.

3.2.2 Betonissa esiintyvien vaurioiden käsittely

Vauriokohdat käsitellään korjaustyösuunnitelmassa esitellyllä tavalla, ellei muuta ole jälkeenpäin sovittuna tilaajan kanssa [2, s.74–75].

Avatut korroosioaurioituneet raudoitteet puhdistetaan suunnitelman esittämään puh-
tausasteeseen, joka on tavanomaisesti hiekkapuhalluksella saavutettava standardin ISO
8501-1 mukainen luokka St2. Puhdistetut raudoitteet suojataan korroosiota vastaan se-
menttipohjaisella korroosiosuoja-aineella tai erityistapauksissa puhtaasti orgaanisella
polymeeriaineella. Suunnitelmista suojaa-aine on voitu jättää pois, mikäli korroosiota ei
pääse käynnistymään uudelleen tai jos korjauslaasti sisältää suojaavan vaikutuksen. [2,
s.85; 7, s.19.]

Halkeamat injektoidaan käyttökohteeseen soveltuvalla aineella, joka on usein reaktiivista
polymeeriä. Yleisesti käytetään myös epoksi-injektointi, jonka etuna on sen hyvän tun-
keutuvuus ja kuormien välityskyky sen kuivettua. Vaihtoehtoisesti käytetään veden
kanssa reagoivaa polyuretaani-injektointia säiliön tai altaan ulkopuolelta jos vuoto on
vaikeasti havaittava sisäpuolella. [2, s.85; 7, s.19.]

Injektointi suoritetaan joko ennen tasoitusta altaan sisäpuolella tai altaan ulkopuolelta
haluttuna aikana. Injektointi ei kuitenkaan poista itse halkeaman syytä, joka selvitetään
ennen injektointia oikean toimintatavan valitsemiseksi. Esimerkiksi korroosiosta johtuva
halkeama piikataan auki, raudoitus kunnostetaan ja suojataan ja kolo tasoitetaan. [2,
s.85; 7, s.19.]

Betonirakenteen korjaus toteutetaan pääasiallisesti sementtipohjaisilla tuotteilla, kuten
betoneilla, laasteilla ja tasoitteilla. Tartunta-, paikkaus- ja tasoituslaasteja käytetään tar-
peen mukaan, jossa kullakin nimensä mukaisesti pyritään antamaan tarvittavia lisäomi-
naisuuksia myöhempiä työvaiheita varten. [6, s.35–39, 46–48.]

- Tartuntalaastit ovat polymeerimodifioituja laasteja, joilla pyritään lisäämään
alustan tartuntaa, johon varsinainen korjaustuote tarttuisi hyvin.
- Paikkauslaastissa käytetään suurempaa raekokoa suurempien kolojen
täyttämiseen, joissa maksimiraekoko on 1/3 paikan paksuudesta.
- Tasoituslaastia käytetään tasoittamaan alustan pieniä koloja, jos se ei sel-
laisenaan täytä vaatimuksia tasaisuudesta, karkeudesta tai huokoisuu-
desta. Tasoitetta levitetään yleensä 1-3 kertaa ohuina kerroksina materiaa-
litoimittajan ohjeiden mukaisesti.

Sementtipohjaisten tuotteiden jälkihoidolla pyritään varmistamaan lopputuloksen tekniset ominaisuudet eli lujuus ja tiiviys, mikä yleensä tarkoittaa kosteutta. Olosuhdetta voidaan hallita sumutuskastelulla, muovein ja kostein kankain, jälkihoitoainein ja mahdollisten muottien myöhäisellä purkamisella. [6, s.38, 46–48.]



Kuva 11. Tasoituslaasti on levitetty ruiskuttamalla ja harjattu ristiin altaaseen [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Allasrakenteiden korjaustöissä pienet paikkaukset suoritetaan käsin ja suurten alueiden tasoitus- ja tartuntalaastit levitetään ruiskuttamalla pinnalle, jota sen jälkeen harjataan ristiin tuotteen tunkeutumisen ja tartunnan muodostumiseksi [6, s.60].

3.2.3 Pinnoitustyö

Pinnoitustyö eli pintakäsittely aloitetaan tasoitteen kuivuttua pinnoituskelpoiseksi, mikä saattaa vaatia käytettävistä aineista, määristä ja olosuhteista riippuen päivän tai usean viikon. Liian aikainen pinnoitus saattaa johtaa pinnoitustyön epäonnistumiseen, joka voi näkyä heti tai kuukausien kuluttua. [6, s.69–78.]

Pinnoitustyötä edeltää alustan tarkastus tartuntavetolujuuden, kosteuden ja tasaisuuden suhteen. Lisäksi alusta puhdistetaan ennen pinnoitustyön aloitusta, joka tuotevalmista-

jan ohjeistuksesta riippuen voi vaatia pohjusteen käyttöä. Pinnoitus suoritetaan suunnitelmassa esiintyvien ohjeiden mukaisesti, mikä tavanomaisesti tarkoittaa levittämistä ruiskuttamalla. Työssä pyritään tekemään tasaisia ohjeiden mukaisia kerrospaksuuksia ja työn rajakohdat valitaan mahdollisimman luonnollisiksi kuten saumojen yhteyteen. [6, s.69–78.]



Kuva 12. Useita kerroksia pinnoitettaessa käytetään välissä värillistä pinnoitetta, minkä avulla arvioidaan kerrospaksuutta silmämääräisesti [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Työn aikana ja ennen aloitusta seurataan olosuhteita ja niiden ennustettua muuttumista sekä tarvittaessa sijoittaa pinnoitustyö sopivaan ajankohtaan. Seurattavia olosuhteita ovat ilman ja pinnan lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja kastepiste. Jälkihoidon kannalta tärkeää on olosuhteiden säilyminen ja etenkin auringonvalolta ja sateelta suojaaminen. [6, s.69–78.]

3.2.4 Työn viimeistely

Pesu ja desinfiointi ovat puhtasvesirakenteiden edellyttämiä toimenpiteitä, joilla varmistetaan elintarvikehygienian toteutuminen ennen käyttöönottoa. Vaikka työn aikana noudatetaankin työvälineitä, vaatteita ja työympäristöä koskevia puhtausohjeistuksia, on silti tarpeellista pestä ja desinfioida rakenne ennen käyttöönottoa. Nykyään on tavanomaista

urakkasopimuksissa jakaa pesu ja desinfiointi pääurakoitsijan ja tilaajan kanssa. Pääurakoitsija huolehtii luonnollisesti korjaustyön jälkien siivoamisesta ja sen jälkeisestä vesipesusta korjatussa kohteessa. Siivouksen jälkeen tilaajataho tarkastaa ja hyväksyy tilat ja tilojen desinfioinnin itse saadakseen varmasti elintarvikehygienian mukaiset laadullisesti varmistetut tulokset. [2, s.24–26, 101.]

3.3 Sääsuojaus ja kosteudenhallinta

Sääsuojausta käytetään etenkin laajoissa ulkona suoritettavissa allaskorjauksissa ja sen avulla voidaan korjaustyötä suorittaa vapaammin sääolosuhteista riippumattomana. Suojan avulla voidaan saada olosuhteet stabiileiksi tasoitusta ja pinnoitusta varten, kun sade, suora auringonvalo ja tuuli estetään kohteessa. Teollisuuden suurissa allas- ja säilörakenteissa sääsuojat ovat erityistä suunnittelua edellyttäviä väliaikaisia rakenteita, jotka hankitaan niihin erikoistuneilta palveluntuottajilta sisältäen suunnittelun, kokoamistyön ja huoltotoimenpiteet. Suunnitelmallista sääsuojausta esiintyy kuitenkin lähinnä vain kunnostettavan rakenteen suhteen. [14, 15.]



Kuva 13. Sääsuoja Ämmässuon suotovesialtaalla mahdollistaa työskentelyn sateella [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Vaatimus sääsuojauksen käytöstä saattaa esiintyä urakkasopimusasiakirjoissa, mutta varsinaista asetusta sen käytön pakollisuudesta ei määrätty, kuten siltarakentamisen pintarakennetöissä vuodesta 2012 [11, s.8].

3.4 Aikataulutus

Samalla työmaalla voi olla yksi tai useampi betonikorjauskohde sekä aikataulua työn suorittamiseen rajaavat usein sääolosuhteet etenkin ulkona tehtävissä töissä ja luonnollisesti tilaajan esittämät vaatimukset. Aikataulua suunniteltaessa huomioidaan annetut ja arvioidut aikamäärät sekä vapaat miehistöresurssit, joiden perusteella toteutuksen työnkulua suunnitellaan. Aikataulussa pyritään huomioimaan myös mahdolliset väliaikaisten rakenteiden siirrot työn näin edellyttäessä kuten esimerkiksi tiellä olevat rakenteet ja seuraaviin osakokonaisuuksiin siirrot. [14; 15.]

3.5 Laadunvalvonta

Laadunvalvonnan periaatteet esitetään korjaustyösuunnitelmissa ja työsuunnitelmissa, missä tyypillisesti edellytetään olosuhdevalvontaa, silmämääräistä tarkastelua ja vetokokeita. Suoritettavaa olosuhdevalvontaa ovat ilman ja pinnan lämpötilan, ilman suhteellisen kosteuden, pintakosteuden ja kastepisteen tarkkailu, joiden raja-arvoja esitetään tuotevalmistajan ohjeissa. Työn aikana valvottavia olosuhteita ovat auringon suora paiste kohteeseen, sade ja tuuli. Lisäksi pinnan laatua ja tasaisuutta tarkastellaan silmämääräisesti. Vetokokein varmistutaan tehdyn pinnan olevan vaatimusten mukainen. [15.]

Osana laadunvalvontaa ovat myös päivän työsuoritteiden kirjaaminen ylös, jossa tarkoituksen mukaista on pitää kirjanpitoa tehdyistä määristä, käytössä olleista resursseista, ainemenekeistä ja mahdollisista työhön vaikuttaneista poikkeamista. Laadunvalvontatoimenpiteet ja tulokset kirjataan työmaapäiväkirjaan, johon liitteiksi lisätään kolmannen osapuolen raportteja, kuten vetokoeraportteja. [14.]

4 Betonirakenteiden kunnostustyön toteutuksen hallinta

4.1 Aikataulu- ja tehtäväsuunnittelu

Urakoitsijan suorittamalla aikataulu- ja työnsuunnittelulla on suuri merkitys työn onnistumiseen ja toiminnan kehittymiseen jatkoa ajatellen. Skanskalla on käytössään Luotettavan toiminnan toimintatapa, jota tuetaan suunnittelua ohjaavin ja avustavin apuohjelmin sekä Excel-pohjin.

4.1.1 Last Planner System

Tuotannonohjauksen käyttöön laadittu Last Planner System -menetelmä on saanut alkunsa 1990-luvulla Yhdysvalloista ja on saapunut Suomeen 2000-luvulla. Suomessa Skanska on ensimmäisten joukossa ottanut mallin aktiivisesti käyttöön ja 2010 valtaosa Skanskan työmaista on seurannut LPS-menetelmän periaatteita. [11, s.15.]

Perinteinen tuotannonohjaus perustuu eri tasoissa oleviin suunnitelmiin yleisaikataulusta viikko- ja tehtäväsuunnitelmiin, joissa ylhäältä alaspäin suunniteltava tuotanto-ositus on määrittänyt tuotannon suoritusta. Työntöohjauksena käsitetyssä ohjaustavassa projektin valvominen perustuu kustannus- ja aikatoeumien vertailuun suunniteltuihin arvoihin, missä häiriöt pyritään hallitsemaan pääsemällä suunniteltuihin arvoihin. [11, s.15.]

Perinteisen mallin ongelmakohtina nähdään projektin perustumisen osatehtäviin, joissa tehtävän suorittamisen muiden edellytysten kuin sitä edeltävän merkitys jäävät huomioimatta. Tehtävien perustuminen voimakkaasti yleisaikataulusta alaspäin luotaviin suunnitelmiin siirtää yleisaikataulun epävarmuustekijät alas viikkoaikatauluihin, mutta olettaa kuitenkin tehtävien aina seuraavan toisiaan. Tuotannon toteutuskelpoisuuden vaatimien tekijöiden järjestelmällisen määrittelyn puuttuessa on tuotannon ajallinen onnistuminen riskialtista. Riskialttius korostuu etenkin jos tehtävän suorittaja on yksipuolisesti tehtävään määrätty tietämättä miten sitoutunut tekijä on suorittamaan ja onko hän ymmärtänyt tehtävän. Aikataulun pettäessä pyritään tekemään korjausliike tavoitearvon saavuttamiseksi, mutta juurisyyt jäävät kuitenkin helposti tutkimatta. Puutteet johtavat tuotannonohjauksen epäjärjestelmällisyyteen ja tilannekohtaisuuteen sekä heikkoon oppimisen ja parannusten tasoon. [11, s. 16–17.]

LEAN-ajattelutapaan perustuva LPS-menetelmä on suunniteltu lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen, joissa tavoitteena on luoda tuotannon edellytykset huomioivia rakennustyömaan suunnitelmia. LPS alkaa perinteisen suunnittelun tapaan yleisaikataulusta ja siirtyy viikkoaikatauluihin, mutta painopiste on viikko- ja vaihe aikataulujen suunnittelussa. Lisäksi painotus on tehtävien edellytysten varmistamisessa ja toteutuksessa, sekä luotettavuuden ja tehokkuuden varmistamisessa työmaalla. LPS keskittyy etenkin viikkosuunnitteluun ja toteutukseen, joissa ensin varmistetaan edellytykset valmistele- vassa suunnitelmassa, tarkastetaan toteuttavan tahon aikomus toteuttaa tehtävä viikko- suunnittelussa ja seurataan tehtävien toteutumisasastetta. Mikäli toteutumisessa esiintyy ongelmia niihin johtaneet syyt selvitetään tarkemmin. [12, s. 13–17.]

LPS-menetelmällä pyritään vaikuttamaan kolmeen tehtävän aikana esiintyvään ongelmaan: aloitusongelmat, tehtävän aikaiset ongelmat ja lopetukseen liittyvät ongelmat. Menetelmä pyrkii jatkuvaan parantamiseen ja juurisyiden löytämiseen ongelmia kohdassa, jotta myöhemmin ongelmat voitaisiin välttää. [12, s.105.]

Tehtäväsuunnittelun tavoitteena on suunnitella tehtävän toteutus ajallisesti, laadullisesti ja kustannuksellisesti, mikä nähdään LPS-menetelmää täydentävänä tekijänä. Tällöin LPS seuraa viikkotehtävien edellytyksiä ja toteutusta sekä tehtäväsuunnitelman mukaan toteutusta. [12, s.105.]

4.1.2 LPS-menettelyn sisältämät vaiheet

Rakentamisvaihesuunnittelua suoritetaan hyvin etukäteen, jolloin käydään läpi eri osavaiheiden edustamien osapuolten kanssa mitä pitäisi tehdä ja pyritään yhdessä valitsemaan toteuttamisjärjestys tehtäville. Kun yhteisesti jokainen on esittänyt omien tehtäviensä arvioidun nettoajan, voidaan päättää tehtävien järjestyksestä ja niiden tarvitsemista puskurijajoista. Näin luodaan edellytyksiä valmistelemaa suunnittelua ja viikkosuunnitelmaa varten. Tehtävien aloitukseen liittyvät edellytykset esitellään, jotta niihin voidaan valmistautua ennen seuraavaa vaihetta. [12, s. 106.]

Valmisteleavassa suunnittelussa varaudutaan 4-6 viikon päässä toteutuviksi suunniteltuihin tehtäviin varmistumalla aloitusedellytyksien olemassaolosta ja saatavuudesta. Alo-

tusedellytykset vaihtelevat tehtävän mukaan ja näitä ovat esimerkiksi suunnitelmat, materiaalit ja kalusto, joista on oltava varmuus ennen tehtävän hyväksymistä viikkosuunnitelmaan. [12, s.106–107.]

Viikkosuunnitelmassa varmistutaan seuraavan tehtävän tosiasiallisesta toteuttamismahdollisuudesta sekä käydään läpi kyseisen viikon toteutuneet tehtävät. Tätä valmistellaan käymällä läpi kunkin työryhmän näkemys omasta osuudestaan. Seuraavaa viikkoa valmistellaan yhdessä selvittämällä mitkä tehtävät voidaan pyrkiä toteuttamaan ja miten tehtävät vaikuttavat toisiinsa. Kunkin vaiheen vastuuhenkilö selvittää oman vaiheensa edellytysten täyttymisen ja vastuuhenkilöt neuvottelevat keskenään töiden keskinäisestä koordinoinnista. Lopputulemana osallistuneet vastuuhenkilöt sitoutuvat oman osansa toteuttamiseen. [12, s.107.]

Viikkosuunnitelman onnistumisen kannalta on tärkeää että sen sisältämät tehtävät ovat hyvin laadullisesti suunniteltuja eli haluttu lopputulos on tiedossa, työjärjestys on oikeaoppinen, työmäärä on arvioitu luotettavasti. Lisäksi tehtävien edellytykset on oltava hallinnassa ja sovittuina, mitä varten olisi hyvä tarkastella seuraavia tekijöitä:

- Resurssit: työntekijät, kalusto, materiaalit
- Edeltävän työvaiheen tila ja mestan tilanne
- Suunnitelmat
- Olosuhteet ja miten olosuhteita valvotaan.

Toteutuksen valvonta suoritetaan viikon lopussa, jolloin jokainen viikon sovittu työvaihe käydään läpi ja tarkastetaan onko suunniteltuun tavoitteeseen päästy. Ainoastaan täysin toteutuneet tehtävät merkitään positiiviseksi, joiden perusteella lasketaan tehtävien toteutumisprosentti TTP. Luku kertoo miten suuri prosentuaalinen osuus viikon tehtävistä on toteutunut suunnitellusti jakamalla täysin toteutuneet tehtävien lukumäärä kaikkien viikolle suunniteltujen tehtävien määrällä. Toteutuneiden projektien toteumatietoja tarkastellessa on tutkimuksissa havaittu alle 60 % TTP-luvun edustavan huonoa suoriutumista, yli 80 % hyvää ja yli 85 % erinomaista. TTP-luvun ylittäessä jatkuvasti 90 % on syytä tarkastella onko aikataulu tarpeeksi kireä tai onko tuloksia kaunisteltu. Vertaillaan usean viikon TTP arvoja sisältää haluttu tulos mahdollisimman vähän keskinäistä vaihtelua viikkoarvojen välillä. Huomioitava on myös, ettei TTP-lukua voida vertailla muiden

työmaiden kanssa johtuen hankkeiden monimutkaisuudesta ja ulkopuolisten tekijöiden aiheuttamista vaikutuksista. [12, s.108; 13, s.109–110.]

4.1.3 Luotettavan tuotannon toimintatapa

Luotettavan tuotannon toimintatapa LTT on Skanskan Suomessa toimivien yksiköille räätälöity malli LPS-menettelystä, jonka periaatteina ovat vakioidut viikkorutiinit, ajattelutapa ja tuotannonsuunnittelun työkalut. Vakioitujen viikkorutiinien tarkoitus on pyrkiä käyttämään vakioituja aikoja työmaan sisäisiin palavereihin, jolloin työolosuhteet säilyvät mahdollisimman toimivina kaikille. Vakioidun ajattelutavan tavoitteena on luoda Skanskan työmaille yhtenäinen toimintakulttuuri, joka korostaa työnjohdon keskustelevaa ja neuvottelevaa lähestymistapaa työmaan kehittämiseksi yhdessä aliurakoitsijoiden ja tarantoimittajien kanssa. Näin halutaan luoda häiriöttömät työolosuhteet ja virheistä pyritään oppimaan, missä oleellista on työntekijöiden ja aliurakoitsijoiden osallistuminen prosessiin. [19.]

Tuotannonsuunnitteluun vakioidut työkalut Skanskan toiminnassa ovat käänteinen vaihe aikataulu, valmisteleva suunnitelma, viikkosuunnitelma, päivän työsuunnitelma ja viisi miksi -analyysi [19.]

Käänteinen vaihe aikataulu:

Perinteiseen vaihe aikataulun suunnitteluun verrattuna käänteinen vaihe aikataulu suunnitellaan nimensä mukaisesti käänteisessä järjestyksessä projektin lopusta alkua kohden. Tuotannon osapuolet voidaan sitouttaa yhteisiin päämääriin ja aikataulusta saadaan tarkempi, kun käänteinen vaihe aikataulu suunnitellaan yhteistyössä ja samalla voidaan tarkastella mahdollisia ongelmakohtia. Käännetyn vaihe aikataulun laatiminen sijoittuu toteutettavaksi projektissa hyvissä ajoin ennen aikataulussa esitettävää aloitus päivämäärää ja se rakentuu lopun tarkoista ja tiedetyistä aikamääreistä arvioiden alkua kohden yhteisesti välitavoitteiden ajankohtia. [17.]

Skanskan suositusten mukaan suunnittelutilaisuus järjestetään noin kuukautta ennen töiden arvioitua aloittamispäivämäärää yhdessä Skanskan edustajien, ali- ja sivu-urakoitsijoiden ja työsuojelusta vastaavan kanssa. Skanskan puheenjohtajana tilaisuudessa

toimiva edustaja valmistautuu kokousta varten suunnittelemalla käsiteltävän välitavoitteen toteutuksen itse, jotta varsinaisessa kokouksessa olisi helpompaa viedä tilaisuus läpi. Varsinaisessa tilaisuudessa tehtyä aikataulua ei kuitenkaan näytetä, sillä tarkoituksena on saada yhteisesti suunniteltu aikataulu ja itse suunnitellun aikataulun tarkoituksena on muodostaa käsitys työvaiheesta ennen tilaisuutta. [18.]

Käänteisen vaiheaikataulun suunnittelutilaisuus voi kestää 1-3 tuntia käsiteltävästä kohteesta riippuen ja se toteutetaan Post-it-lappujen avulla työmaaparakin seinälle. Suunnittelu aloitetaan viimeiseksi arvioidusta tehtävästä sen tavoitepäivämäärän kohdalta kuten loppusiivouksesta, jonka jälkeen kukin asetettava lappu vastaa yhden päivän aikana tehtävää työtä. Tavoitepäivämäärästä alkaen on seinälle yläpäähän koottu Post-it-lapuista viikonloput sisältävä kalenteri, jossa kunkin päivän alle tehtäviä kerätään. Tarvittaessa pitkiä ajanjaksoja voidaan kuitata alkua ja loppua kuvaavilla lapuilla ja suunnittelun edetessä lappujen sijainti voi muuttua. Aluksi aikataulu suunnitellaan ilman ylimääräistä aikaa ja vasta viimeisenä lisätään yhdessä puskureita aikataulun tehtäviin jos pe-livaraa on jäänyt. [18.]

Tilaisuutta järjestettäessä on tärkeää, että osallistujat käsittävät yhteisestä suunnittelusta saatavan hyödyn ja tilaisuuden toteutuksessa on hyvä huomioida viihtyvyystekijät eli virvokkeet, pieni syötävä ja olosuhteet. Kun aikataulu tehdään yhdessä ja ryhmä on aktivoitu pohtimaan tehtäviä, tulee käännetyn vaiheaikataulun hyödyllisyys esiin toimivampana aikatauluna. Aikataulun toimivuuteen vaikuttaa todellisten tekijöiden osuus, ongelmien havainnointi ennen tuotantoa ja yhteinen sitoutuminen. [18.]

Valmisteleva suunnitelma:

Skanskan viikkosuunnittelun osana valmistelevan suunnittelun tarkoituksena on tarkastella 4-6 viikon päästä alkavien tehtävien edellytyksiä ja vastuutahoja. Valmistelevaan suunnitelmaan merkitään tehtävän työn yleinen sisältö, kuten määrät, työryhmä ja kestot, ja työn tekemiseen liittyvät edellytyksien tilanne tarkastellaan merkitsemällä ”/” teke-mättömille ja ”X” tehdyille tarpeille. Excel-taulukko käsittää kolmen viikon ajanjakson, jossa alkavat tehtävät sijaitsevat. [20.]

Viikkosuunnitelma on vaiheesta vastaavan työnjohtajan valmistava kolme seuraavaa viikkoa käsittävä aikataulu, jossa pääpaino on ensimmäisellä viikolla. Kolmiviikkoisaikataulun laadinta suoritetaan yhdessä liittyvien aliurakoitsijoiden kanssa ja sen toteutusta valvotaan. [20.]

Päivän työsuunnitelma:

Päivän työsuunnitelma käydään läpi työntekijöiden kanssa aamulla, jolloin tehtävästä vastuullinen työnjohtaja varmistuu että työntekijät ovat tietoisia päivän tavoitteista, olosuhteiden muutoksista ja etenkin työturvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Samalla myös työnjohto saa paremman käsityksen työn toteutumisesta ja mahdollisista ongelmista. [21.]

Suositteluvia aiheita päivän aloituskeskusteluun ovat:

- Mitkä asiat on oltava kunnossa ennen työnteon aloittamista
- Mitä töitä ja erityisiä asioita on huomioitava
- Mikä voi mennä vikaan? Mitä pitää tehdä? TTS?
- Viereiset työvaiheet, joista voi aiheutua vaaraa
- Miten työ päätetään. [21.]

Viisi miksi -analyysi:

Viisi miksi eli 5M-analyysiä käytetään Skanskan toimintatapojen mukaan, jos tehtävä jää toteuttamatta sekä työtapaturman tai läheltä piti -tilanteen sattuessa. Analyysissä etsitään viisi toisiaan syventävää syytä, joilla pyritään saamaan selville juurisyy miksi työ jäi toteuttamatta ja oppimaan siitä jatkoa varten. [22.]

Esimerkki 5M-analyysistä:

Miksi osaa ei asennettu? Koska osa ei sopinut asennettavaksi

Miksi osa ei sopinut? Koska osa oli vääränmuotoinen

Miksi muoto oli väärä? Koska osa oli vaihdettu toisenlaiseen tilauksessa

Miksi oli vaihdettu? Koska suunnitelmista löytynyttä osaa ei ollut saatavilla

Miksi suunnitelmassa oli osa, jota ei ole saatavilla? Koska, koska... [12, s.108.]

4.1.4 Apuohjelmia

Aikataulu- ja tehtäväsuunnittelua varten Skanskalla on käytössään LPS:n mukaista ajattelutapaa noudattavia apuohjelmia, joita ovat tällä hetkellä Vico Control sekä Excel-pohjaiset Tehtäväsuunnittelu, Valmisteleva suunnitelma ja Tuotannonvalvonta. Vico Control -ohjelmaa otetaan laajamittaisesti käyttöön vuonna 2015 korvaamaan PlaNet-aikataulu-suunnitteluohjelmaa. [19.]

Tehtäväsuunnittelu on Skanskalla käytössä oleva Excel-pohja, jossa on mahdollistettu tehtävän määrälaskennan, tehtäväsuunnitelman, aikataulun, työturvallisuusselvitys TTS:n, aloituspalaverin, mallikatselmuksen, vastaanoton ja loppuselvityksen sekä kustannusvalvonnan kirjaaminen yhteen tiedostoon eri välilehdille. Pohja sisältää yksinkertaisia yhtälöitä auttamaan aikataulu ja kustannuslaskentaa sekä linkkejä yleisiin laatuvaatimuksiin ja aikataulukirjaan. [23.]

Tuotannonvalvonta on Skanskan käyttämä Excel-pohja, jossa viikkosuunnitelma yhdistyy tuotannon valvontaa helpottaviin työkaluihin. Viikkosuunnitelman lisäksi se sisältää välilehdet tehtävien toteutumisen kommentointia varten, jossa eritellään toteutumatietaa ja arviointia aikataulun toteutumiseen. Lisäksi se sisältää välilehdet jokaiselle työtehtävälle, jossa tavoitteen ja toteuman avulla piirretään kuvaajaa tavoitteesta, toteumasta ja ennusteesta. [24.]

Vico Control on rakennusalan tuotannonohjaukseen kehitetty ohjelmistojärjestelmä, jossa aikataulut voidaan suunnitella paikka-aikakaaviossa ja tehtävien mitoitus suorittaa resurssien, määrien ja menekkien perusteella. Kun aikataulu suunnitellaan paikka-aikakaaviossa, tekee ohjelma myös perinteisen janakaavion. [25.]

4.2 Laadunvarmistus työn aikana

Laadunvarmistus on osa betonirakenteen kunnostustyötä sen jokaisessa eri vaiheessa. Betonirakenteiden kunnostustyön laadunvarmistuksen toteutumisen kannalta on oleellista tiedostaa tehtävää suunnitellessa kyseiseltä työltä ja siinä käytettäviltä aineilta edellytettävät laatuun vaikuttavat tekijät ja asetetut laatuvaatimukset.

4.2.1 Laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet

Laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet betonirakenteiden kunnostus- ja korjaustöissä ovat riippuvaisia rakenteen korjaustyösuunnitelmasta, jossa määritetään korjaustyön sisältö. Tyypillisesti työhön kuitenkin sisältyvät vaiheet ovat vanhan pinnan poisto ja puhdistus, halkeamien käsittely, vaurioituneen betonin poisto, korroosiovaurioituneiden raudoitteiden betonipeitteen avaus sekä paikkaus, tasoitus ja pinnoitus. Vanhoille betonirakenteille tyypillistä ovat myös riittämättömät raudoitteiden suojabetonipaksuudet, joita tarvittaessa kasvatetaan. [15; 44.]

Työvaiheiden sisältämät laatuvaatimukset sisällytetään yleensä suunnitelma-asiakirjoihin, joissa tavanomaisesti noudatetaan Betonirakenteiden korjaustyöohje By 41 antamia ohjeistuksia sekä ainevalmistajien ohjeita. Työmaan aikana toteutettava laadunvarmistustoiminta dokumentoidaan ja sitä tuetaan valokuvien avulla, jotka on myöhempää käyt-

töä varten hyvä nimetä tarvittavin tiedoin. Valokuvaan on käytännöllistä sisällyttää vähintään tietoa sijainnista ja sisällöstä. Jos kohteessa on muita työvaiheita, voidaan valokuvat jakaa sopiviin kansioihin sijainnin tai työvaiheen mukaan. [14.]

Purkutöiden jälkeen on laadunvarmistuksessa tavallisesti mitattavia tekijöitä, joita seurataan vähintään kolme kertaa päivässä tai olosuhteiden merkittävästi muuttuessa. Pintalämpötila, ilman lämpötila ja suhteellinen ilmankosteus ovat betonin korjaustyössä käytettäville aineille ulkoisia tekijöitä, joille on annettu mitattavia raja-arvoja. Raja-arvot ovat ainekohtaisia ja niillä voi olla vaikutusta valmiin tuotteen laadulliseen toteutumiseen tai kuivumisaikoihin. [6, s.95–96.]

Hallittavia ulkoisia sääolosuhteita ovat aurinko, tuuli ja sade, joilla on merkitystä laadullisen tuloksen lisäksi myös työn ajalliseen toteutumiseen sekä työturvallisuuteen. [26, s. 47.]

Aurinko haittaa monien kuivumista vaativien tuotteiden levitystä ja usein tuotteiden asennus edellytyksenä on auringonvalon välttäminen. Suora auringonpaiste aiheuttaa levitetyn kerroksen liian nopeaa kuivumista auringon paistaessa suoraan vasta levitetylle pinnalle sekä alustan ollessa liian kuuma jo levitys vaiheessa. Lisäksi avoimissa allasrakenteissa lämpötila voi kohota hyvinkin suureksi ilman sääsuojausta, mikä hidastaa työntekoa ja lisää pakollisten taukojen määrää. Jos sääsuojausta ei voida käyttää olosuhteiden lieventämiseksi, tulee työnteko ainevalintojen edellyttäessä ajoittaa seuraamaan auringon liikkeitä ja työntekijöille tulee varata mineraalivettä, ylimääräisiä taukoja sekä viileä taukotila [26, s. 47].

Tuuli ja vetoisuus tulee hallita etenkin pinnoitusvaiheessa, jossa liiallinen veto aiheuttaa pinnoitteen kuplimista, mutta liian vähäinen ilmanvaihto vaarantaa työturvallisuuden ilman käydessä hengityskelvottomaksi [26, s. 47].

Sade haittaa ja estää luonnollisesti aineiden käytön, mutta myös vaikeuttaa puhdistusta ja vanhan pinnan poistoa sateen sitoessa hienoa pölyä tiiviiksi kerroksiksi alustalle. Esimerkiksi betonilattioiden jyrinnässä käytettävät hiontakoneiden pölynimujärjestelmät tukkeutuvat liejusta toiminta kyvyttömiksi, minkä johdosta koneita ei voida käyttää sateella. [15.]

4.2.2 Mallityöt

Mallitöiden toteuttaminen ja hyväksyttäminen tilaajan edustajalla ennen varsinaisen työn aloittamista on erittäin suositeltavaa. Tällöin varmistutaan käytettävien työtekniikoiden soveltuvuudesta, saadaan hyväksyntä urakoitsijan ammattitaidolle ja korjaustyön lopullinen ulkonäkö määritetään. Valmiin työn edellyttäessä värisävyä aloitetaan sävytystestit hyvissä ajoin, sillä halutun värisävyyn toteuttaminen voi vaatia valmistajalta aikaa. Sävyt testataan mallialueella ja hyväksytetään tilaajan edustajalla rakennuskohteessa. Uusi sävytys ei aina välttämättä vastaa vanhan pinnan sävyä, mikä voi olla ongelmallista jos työ sisältää rajapintoja vanhan rakenteen kanssa. [6,s.18–19, 15.]

Työvaiheen loputtua mallityötä käsitellään muun työsuorituksen referenssipintana, mitä varten siitä on hyvä ottaa valokuvia, sekä tarvittaessa merkitä paikka [6,s.18–19.]

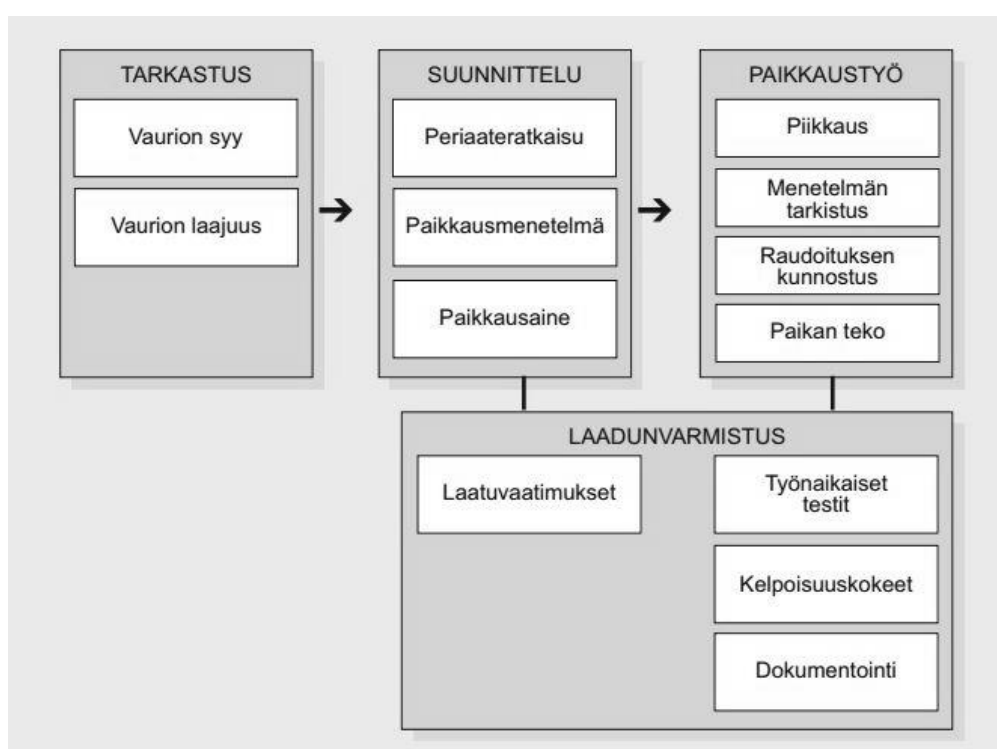
Laadunvarmistuksen osana pidetään betonirakenteiden kunnostustyössä yllä päiväkirjaa ja tarkastustoimintaa, joissa huomioidaan osa-alueiden erityisvaatimukset. Alustaa ja sen käsittelyä kommentoidaan, sekä merkitään käytettävät aineet, määrät ja eränumerot ylös. Olosuhteita valvotaan tarkastelemalla ilman, alustan ja aineiden lämpötilaa sekä suhteellista kosteutta ilmassa ja tarvittaessa alustassa. Lisäksi valmista tulosta tarkastellaan vetokokein alustasta ja pinnasta sekä tarkistamalla kalvovahvuudet ja suorittamalla visuaalinen tarkistelu. Valokuvia on suositeltavaa ottaa kattavasti todentamaan tilannetta. [26, s.60.]

4.2.3 Purkutyöt

Ennen purkutöitä seuraavia käsittelyjä lopullisen puhdistuksen jälkeen tarkastetaan pinnan puhtaus mustalla puuvillaliinalla tai paineilmalla, jolloin pölyä ei saisi esiintyä. Purkutöiden aikana siivouksessa voidaan tarvita erityisiä hienopölyä suodattavia imureita sekä kohdeimureita työkoneisiin. Erityisvälineiden saatavuus selvitetään etukäteen, sillä niitä on saatavilla vain osaan laitteista. Vanhasta betonipinnasta tarkistetaan myös jatkokäsittelyn vaatimukset huomioiden tartuntavetolujuus, jonka vaadittu arvo ja kokeiden kappalemäärä on esitetty korjaustyösuunnitelmassa. Kun vanha pinnoite on poistettu, voidaan aloittaa betonin rakenteellisten vaurioiden avaaminen ja purkaminen esimerkiksi piikkaamalla auki korroosiovaurioituneita raudoitteita tai rapautuneita kohtia. [6, s.26–35; 14.]

4.2.4 Betonipaikkaus

Betonipaikkauksessa tavoitteena on saada halkeilematon ja rapautumaton alustaan hyvin kiinnittynyt paikkaus. Tavoitteeseen pääsemistä varten käytetään ominaisuuksiltaan alkuperäistä betonia vastaavaa tuotetta ja käytettävissä on kolmenlaisia aineita, jotka ovat laastit, korjausbetoni ja polymeerimassat. Periaatteessa suositeltavaa on käyttää korjaustyösuunnitelmissa hyväksyttyä ainetta, mutta käytettäessä muuta tuotetta on sen lujuusluokan vastattava rakenteen lujuutta. Lujuusvaatimusta voidaan alentaa jos betonin säilyvyyteen oleellisesti vaikuttavat ominaisuudet näin vaativat. Teknisesti valmiin paikkauksen säilyvyyteen vaikuttavat etenkin aineen pakkasenkestävyys ja kutistuman vähäisyys. Pakkaskestävät laastit ovat tavanomaisia rakennustuotteita, mutta myös kutistumisesta johtuviin halkeamiin ja irtoamisiin voidaan vaikuttaa käyttämällä polymeerimodifioituja tuotteita. Nykyaikaiset vaatimukset täyttävät valmislaastit sisältävät tavallisesti polymeerikomponentteja, mikä tulee huomioida jos muut käytettävät tuotteet eivät sovellu käytettäväksi polymeerien kanssa. [27, s.5, 7, 10, 11.]



Kuva 14. Betonin paikkaustyön vaiheet [27, s.6].

Paikkauksen halkeilu tai irtoaminen eli epäonnistuminen johtuu tavallisesti paikkauksessa tapahtuneista työvirheistä etenkin polymeerimodifioituja aineita käytettäessä. Paikkauksen laatuun vaikuttavat tekijät on hyvä tiedostaa ennen töiden aloittamista, jotta

työnjohto voi valmistella käytettävät materiaalit ja työryhmät suoritusta varten. [27, s.5, 7, 10, 11.]

Hyvä tartunta alustaan on paikkauksen onnistumisen perusedellytys, joka varmistetaan alustan hyvällä laadulla, alustan puhtaudella, rajaamalla paikattava alue oikein ja valitsemalla oikea aine kohteeseen. Paikkausta varten on tartuntapinta esikäsiteltävä ohjeiden mukaisesti ja paikkauksen jälkihoito on tehtävä ohjeiden mukaan. Paikkausta tehdessä on aineen ja alustan lämpötilan oltava lähellä toisiaan ja kerrospaksuudet eivät saa kasvaa liian suuriksi. Jälkihoidon tavoitteena on plastisen halkeilun ja kuivumisesta johtuvan halkeilun estäminen, sekä pinnan tummuusvaihtelun rajoittaminen hyväksyttyihin arvoihin. [27, s.5, 7, 10, 11.]

Paikkaustyön tulokset on hyvä dokumentoida kuvien kanssa kuivumisajan jälkeen, jotta voidaan osoittaa työtulos jälkikäteen, kun pinta on pinnoitettu. Työlle suoritetaan myös lopputarkastus, jossa tarkastetaan paikkaus vaurioiden, halkeamien tai valuvikojen varalta. [27, s.29.]

Betonipaikkauksia tehdään usein korroosiovaurioituneiden raudotteiden kunnostuksen yhteydessä, jota varten betonipinta joudutaan avaamaan. Teräkset puhdistetaan ja käsitellään sovitulla menetelmällä. Terästen puhtausaste määrittyy standardin SFS-ISO 8501-5 mukaan, jossa Sa1; Sa2; Sa2,5; Sa3 merkitsevät suihkupuhdistuksen ja St 2 ja 3 koneellisen puhdistuksen tasoa. Yleisimmät vaaditut puhtausasteet ovat Sa2 Huolellinen suihkupuhdistus ja Sa2,5 Hyvin huolellinen suihkupuhdistus. [28, s.23.]

4.2.5 Injektointi

Injektoinnista laaditaan suunnitelma, johon asiantuntija määrittää injektoinnissa käytettävät aineet injektoinnin vaatimusten perusteella. Vaatimuksissa huomioidaan erityisesti halkeaman synty tapa, halkeamaan kohdistuvat liikkeet ja voimat sekä talousvesien kanssa elintarvikehygieniää koskevat vaatimukset. [2, s.85, 95–97.]

Suunnitelman perusteella urakoitsija tekee yhdistetyn työ- ja laatusuunnitelman injektointityöstä. RIL 264–2013 viittaa injektoinnin SILKO ohjeeseen 1.233 – Halkeamien korjaaminen, jonka mukaan työ- ja laatusuunnitelman sisältö esitetään seuraavasti:

- Yleiset tiedot
 - hankkeen työ- ja laadunvalvontaorganisaatio: henkilöt, vastuu, toimivalta ja tehtävät
 - ennakkokokoonkoon järjestelyt
 - työmäärien tarkistus
 - laaduntarkastuksissa käytettävä kalusto
 - työturvallisuus- ja ympäristönsuojelutoimet, sekä lupien hankinta
- Työsuunnitelma
 - injektointi-, sulku- ja muut aineet tuotenimillä ja ominaistiedoin (viskositeetti, injektoitavuus, halkaisulujuus ja alin kovettumislämpötila)
 - kuinka työ tehdään: työntekijät, työjärjestys, työkapasiteetit ja aikataulu
 - työalueen suojaaminen
 - henkilönostimen tai telineiden käyttö
 - sulkuaineen poisto betonin pinnasta ja mahdollisen kalkin poisto halkeamasta.
- Työnaikaiset tarkastukset ja mittaukset
 - halkeamien injektoitavuuden toteaminen
 - olosuhdemittaukset
 - halkeamien täyttymisen tarkistus
 - ainemenekkien seuranta
 - kaluston kunto ja varakalusto
 - mittaus- ja tarkastusvälineiden säätö käytön aikana
 - laadunohjaus yllä mainittujen toimien perusteella
- Kelpoisuuden osoittaminen
 - injektointipöytäkirjat
 - poikkeamaraportit
 - korjaustoimenpiteet
 - uusintatarkastus. [7, s.32.]

Injektoinnin suoritusta varten poistetaan kalkki ja tarvittaessa puhdistetaan betonipinta tarkemmin myös betoniliimasta. Injektointi suoritetaan yli $+12^{\circ}\text{C}$:n lämpötilassa, ellei käytössä ole alhaisiin lämpötiloihin soveltuvaa ainetta. Injektointityöstä ylläpidetään päiväkirjaa, jossa esitetään injektointimenetelmät, käytetyt aineet menekkeineen, olosuhteet, käytetyt injektointipaineet, mitattu halkeamapituus ja havainnot. Injektointi työstä tehdään piirros, joka havainnollistaa kohteiden sijainnit. [7, s.33, 42.]

4.2.6 Tasoitus- ja tartuntalaastit

Tartunta- ja tasoituslaasteja koskevat samat alustan laatuvaatimukset kuin paikkauslaasteja. Voimakkaasti polymeerimodifioituja tartuntalaasteja laasteja käytetään tuomaan hyvä tartunta alustaan, kun käytettävän pinnoitusratkaisun edellyttäessä näin. Tasoituslaastein korjataan pieniä epätasaisuuksia, huokoisuutta tai karkeutta alusbetonnissa, joka usein johtuu puhdistusmenetelmän, kuten hiekkapuhalluksen tuottamasta jäljestä. Laastien ominaisuuksiin on suositeltavaa tutustua, jotta tuoteyhdistelmien käyttö toteutuu sujuvasti. Helpointa yhdistelmien toteutus on märkää märälle menetelmin. [6, s.46–48; 15.]



Kuva 15. Kostutus mattakosteaksi ennen tasoitusta [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Laastien levitystä varten alusta valmistellaan puhdistuksen jälkeen aloittamalla kostutus päivää ennen työtä ja työpäivän alussa alusta kostutetaan vielä kerran. Levitystyö voidaan aloittaa alustan ollessa mattakosteaa eli vapaa irtovedestä ja vielä imukykyinen.

Materiaalitoimittajan ohjeet kostutuksesta tulee selvittää työn oikeaa suoritusta varten. [6, s.46–48; 35, s.7.]

Levitys voidaan suorittaa usealla eri tavalla materiaalitoimittajan ohjeiden mukaan, mutta käytännössä on havaittu ruiskutuksen tuottavan ajallisesti nopeasti tasaisinta jälkeä. Tartunta- ja tasoituslaastit levitetään ohjeiden mukaan useana ohuena kerroksina, mikä edellyttää levitykseltä tarkkuutta epätasaisuuksien ja väärin kerrospaksuuksien välttämiseksi. Seuraava levitys suoritetaan tavallisesti seuraavana päivänä, muuta erittäin lämpimällä säällä on suositeltavaa toteuttaa toinen kerros märkää-märälle tekniikalla samana päivänä nopean kuivumisen johdosta. Viimeiseen kerrokseen tehdään haluttu pintatekstuuri. Altaiden ja säiliöiden suuret pinta-alat voivat edellyttää työn tekemistä useassa osassa, jolloin työ pyritään rajaamaan luonnolliseen rajaan, kuten saumalinjaan.[15; 35, s.7.]

Ruiskulevityksen aikana vielä notkeaa laasti harjataan ristiin sopivalla voimakkuudella, jotta tunkeutuminen alustan huokosiin varmistuu. Sopiva minimimiehitys harjaukseen tyypillisissä altaissa ja säiliöissä on kaksi rakennusmiestä, jotta laasti ehditään käsitellä ajoissa ja ruiskutustyö pääsee etenemään ilman keskeytyksiä. [6, s.46–48; 15.]

Jälkihoitona pinta kostutetaan sumuttamalla kahdesti seuraavan päivänä ja kerran päivässä seuraavina 2–3 vuorokautena. Yli 30°C lämpötilassa suoritetaan kevyt kostutus kerran saman päivän aikana liian nopean kuivumisen estämiseksi. Liian aikaisin aloitettu kostutus näkyy valkoisena pintana, joka on lujuudeltaan heikompaa. Kostutus on yleinen jälkihoito laasteille ja ennen työtä tarkastetaan materiaalitoimittajan tarkat ohjeet jälkihoitosta. [35, s.7.]

Työn laadunvarmistuksessa huomioidaan erityisesti sääolosuhteet, joista merkittävimpiä ovat ilman ja pinnan lämpötila sekä ilman suhteellinen kosteus ja kastepiste. Olosuhteet dokumentoidaan työpäiväkirjaan vähintään kolmesti päivässä: työn alussa, keskellä päivää ja päivän lopussa, sekä sääolosuhteiden muuttuessa merkittävästi. Lisäksi erikseen vältetään työn suorittamista sateella tai suorassa auringonpaisteessa, jos käytössä ei ole sääsuojasta. Työstä dokumentoidaan laadunvarmistustoimintaa varten myös käytetyt vesi- ja ainemäärät, työssä käytetyt menetelmät ja jälkihoidon suoritus, sekä työmenekit. Valokuvaus tukee laadunvarmistustoimintaa. [6, s. 93–96.]

Viimeinen laadunvarmistuskoe on tartuntavetolujuuskoe, joka on suositeltavaa suorittaa kokeneella ammattilaisella, jolla on referenssejä vastaavista kohteista. Hyvissä olosuhteissa koe voidaan suorittaa seitsemän päivän kuluttua, jolloin odotusarvo on vähintään 0,7 MPa tai yli. Tulosten alittaessa odotusarvot on suositeltavaa odottaa ylimääräinen viikko, jotta nähdään onko lujuuskehitys toteutumassa, mikä voi olla tarpeen kylmemmällä säällä. Esimerkiksi 10°C lämpötilassa joudutaan odottamaan kuivumista kaksi viikkoa työn valmistuttua, jotta lujuus olisi tarpeeksi suuri pinnoitusta varten ja lujuuskehityksen eteneminen on varmaa. [6, s.48; 35, s.5.]

4.2.7 Pinnoitus

Pinnoitustyö voidaan aloittaa kun alusta eli usein tasoitettu tai tartuntalaastilla käsitelty pinta on kuivunut ja lujuuskehitys on varmistettu ja pinta puhdistettu imuroimalla. Tuotteet voidaan levittää usealla tavalla, mutta ruiskutus on usein nopein ja laadullisesti toimivin ratkaisu allas- ja säiliörakenteissa. Jälkihoito toteutetaan tuotevalmistajan ohjeistuksen mukaan, mutta tavallisesti edellytetään suojaamista sateelta ja auringonvalolta. [6, s.76–78; 35, s.8.]

Laadunvarmistuksessa noudatetaan ainevalmistajan ohjeistusta esikäsittelystä sekä olosuhteista. Tarkkailtavia olosuhteita ovat ilman ja alustan lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja kastepiste. Lisäksi työn suorittaminen alttiina sateelle tai suoralle auringonvalolle aiheuttaa laadullisia ongelmia lopputulokseen. Jos käytössä ei ole sääsuojaa tulee aurinkoisella säällä odottaa iltapäivään ennen työn aloittamista, jotta vältettäisiin pinnan kupliminen rakenteen lämpenemisen johdosta. Lopuksi pinnoitteesta mitataan tartuntavetolujuus sekä tarvittaessa kalvopaksuus. [6, s.76–78; 35, s.8.]

Pinnoitus on suositeltavaa pääosalla aineista toteuttaa vähintään +15°C:n alustan ja ilman lämpötilassa. Alle +10°C:n ilmanlämpötilassa kovettumisajat pitenevät huomattavasti ja huomioitava on betonialustan ilmaa alhaisempi lämpötila, joka myös pidentää kovettumisaikaa. Alhainen lämpötila lisää myös veden kondensoitumisen riskiä tehdyille pinnalle, joka aiheuttaa kuplimista ja himmenemistä. [47, s.48–49.]

4.2.8 Tartuntavetolujuus

Betonirakenteiden kunnostustyössä otetaan laadunvarmistustoimenpiteenä tartuntavetokokeita, joita otetaan alustana toimivasta vanhasta betonipinnasta, mahdollisesta tasoitteesta ja suuremmista betonipaikkauksista ja valmiista pinnoitteesta [6, s.99].

Tartuntavetokokeiden vetoarvojen tulosvaatimukset on määritetty 20°C lämpötilassa ja tulosta tarkastellessa huomioidaan mitattavan pinnan kuivumisaika. Tulokseen vaikuttaa lujuuskehitykseen vaikuttava alhainen lämpötila, jolloin alhaisempi tartuntavetolujuusarvo tulee huomioida tuloksia tarkastellessa tai vetokoe suorittaa myöhemmin. Tartuntavetolujuuskoeraportissa esitetään murtumiskohta, jota tarkastelemalla voidaan päätellä murtumisen syitä. Laastin sisäinen murtuma vaatii yleensä vain pidemmän sitoutumisaika, jonka jälkeen laadunvarmistamiseksi suoritetaan testi uudelleen 1-2 viikon kuluttua. Alusbetonin ja tartuntalaastin välinen murtuma voi johtua epäpuhtaasta alustasta, huonosta kostutuksesta, tartuntalaastin vetisyydestä. Laastien pintaan kohdistuva murtuma johtuu usein sitoutumisvaiheessa tehdystä tossutuksesta tai liian aikaisesta jälkihoitosta, jolloin pinnalla havaitaan polymeerien erottumisesta johtuvia vaaleita läiskiä. [6,s.99; 35, s.5.]

Taulukko 1. Tartuntavetolujuuksilta vaadittavia arvoja [6, s.99]

Betonipinta, vetolujuus	Lujuusvaatimus, MPa
Laastipaikattava/Valukorjattava	1,0
Ruiskubetonoitava	1,5
Tavanomaisilla pinnoitteilla käsiteltävä	1,0
Paksukalvoisilla ja lujilla käsiteltävä	1,5
Tavanomainen vedeneristysalusta	0,7
Vedeneristeen alusta ajoneuvoliikennöidyllä alustalla	1,0
Jäykkien, paksujen vedeneristysmassojen alusta	1,5

Veto- ja tartuntalujuudelle annetaan suunnitelmien ja ainevalmistajien ohjeistuksissa raja-arvoja, joiden toteutumisen valvonta on yksi osa laadunvarmistustoimintaa. Taulu-

kossa 1 esitetään betonipintojen yleisiä tartuntavetolujuusarvoja. Lujuudella voi olla vaikutusta rakenteen tekniseen toimivuuteen sen luontaisessa ympäristössä tai valitut aineiden pysyvyys pinnassa voi riippua siitä. [6, s.99.]



Kuva 16. Tartuntavetolujuuskoe altaan tasoitteesta [Mikael Vuorijärvi, 2013].

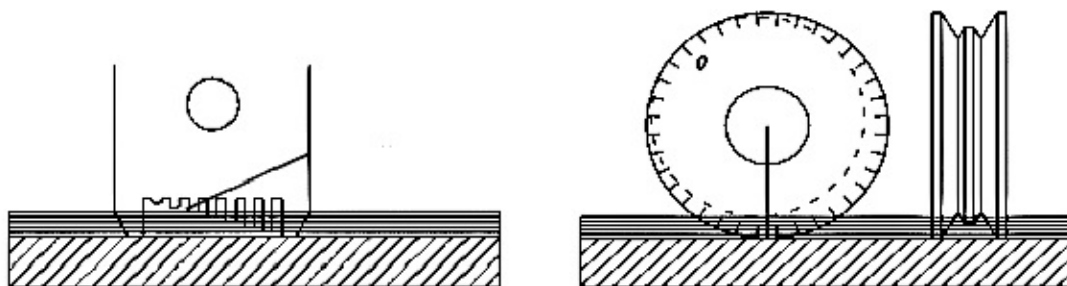
Tartuntavetolujuuskokeet on suositeltavaa hankkia kokeneelta erikoisurakoitsijalta, jolla on referenssejä vastaavista kokeista. Kokenut urakoitsija pystyy suorittamaan yhden altaan kokeet päivässä ja tilattaessa on hyvä varmistaa tehtävien kokeiden määrä, jotta suorittajalla on tarvittava määrä koevälineitä. [15.]

4.2.9 Kalvopaksuudet

Kalvopaksuuksille esitetään suunnitelmissa arvoja yleensä ylitasoituksille ja pinnoituksille, joita voidaan työn aikana tehokkaasti valvoa seuraamalla materiaalimenekkiä sekä käyttämällä kalvopaksuusmittareita. Tasoituslaastien ja ruiskubetonien kerrospaksuutta voidaan tarkistella koepiikin ja reikien avulla. [6, s.101–102.]

Materiaalimenekkien kautta tapahtuvaa seurausta varten kirjataan ylös päivittäiset materiaalimenekit ja toteutuneet neliömetrit. Lopullisen dokumentoinnin liitteenä käytetään työmaalle toimitettujen aineiden kuormakirjoja, jotka säilytetään työmaalla. [6, s.101–102.]

Mittareita on käytettävissä kuiva- ja märkäkalvonpaksuuden mittausta varten, joista suositeltavampaa on käyttää märkäkalvonmittausta. Mittaamalla kalvopaksuutta vielä märkinä voidaan liian alhaisiin tuloksiin reagoida heti. Kalvonpaksuuksia mitataan kerran 500 m² kohden ja vähintään kerran kahden päivän työsaavutusta kohden. Jos kalvonpaksuus ei ole kriittinen tekijä, voi suunnittelija esittää vähäisempää mittaussmäärää. [6, s.101–102.]



Kuva 17. Märkäkalvon mittausta voidaan suorittaa mitta-asteikon sisältävällä kammalla tai pyörällä [58].

Yksittäiset arvot eivät saa alittaa vaatimusta pinnoitteissa yli 20 % tai ylitasoituslaasteissa yli 25 %, ja kymmenen koepisteen keskiarvon tulee ylittää sovittu raja-arvo. Puutteellisissa kohdissa arvo tarkistetaan lähialueelta kolmesta uudesta pisteestä ja tarvittaessa kalvopaksuutta kasvatetaan sopivalla keinolla. [6, s.101–102.]

4.3 Olosuhdehallinta

Olosuhteiden hallinnan kannalta työn eri vaiheissa korostuvat eri tekijät, jotka ovat sääolosuhteet, riittävä valaistus ja sähkö, esteettömyys ja ympäröivien tilojen suojaustarve. Olosuhteiden hallinta rakennustyön aikana varmistaa työn etenemisen aikataulun mukaisesti ja vähentää laadullista onnistumista uhkaavia riskitekijöitä. [6, s.39–40.]

Vaikuttavimmat sääolosuhteet ovat aurinko, sade, tuuli sekä ilman ja alustan lämpötila, suhteellinen ilman kosteus, joita tulee seurata ja ennakoida työn aikana. Työkohteeseen varataan oma lämpötila- ja ilmankosteusmittari, jota seurataan säännöllisesti. [6, s.39–40.]

4.3.1 Sääsuojaus

Sääsuojauspeitteiden käyttö telineissä on säiliöiden ulkotiloissa suositeltava tapa hallita olosuhteita, jota voidaan käyttää myös allasrakenteissa rakentamalla katos altaan päälle. Sääsuojauksen avulla saadaan aurinko, sade ja tuuli hyvin hallintaan, jolloin työtä voidaan tehdä sääolosuhteista huolimatta. Suojauksessa olevien aukkojen avulla voidaan myös hallita vetoa ja ilmanvaihtoa työstettävällä alueella. [6, s.39–40; 15.]

Sääsuojauksen onnistumiseen vaikuttaa kuitenkin huomattavasti sen vedenpitävyys ja veden poisjohtamisen onnistuminen. Betonirakenteita kunnostettaessa tasoitus ja pinnoitus vaiheissa sekä niiden kuivuessa pienikin vesivuoto suojauksessa johtaa alueen avaamiseen ja uudelleen tekemiseen. Sääsuojausta tilattaessa on hyvä edellyttää käytettäväksi ehjiä ja mahdollisimman uusia peitteitä, sillä etenkin vanhemmissa peitteissä on useita pieniä vuotoja, joiden paikkaus voi viedä useita työpäiviä. [15.]



Kuva 18. Sääsuojan saumasta vuotanut vettä alustalle, joka edellyttää sääsuojauksen korjausta [Mikael Vuorijärvi, 2014].

Sääsuojaukselta kuten telinerakenteilta edellytetään suunnittelua, jossa huomioidaan telineeseen ja alustaan kohdistuvat kuormat sekä turvallisuuteen vaikuttavat tekijät yhdessä sen tarkoituksenmukaisuuden kanssa. Sääsuojausrakenteissa havaittuja ongelmakohtia ovat poikkeavat paikat ja liittymät reunoille, joissa työmaahenkilöstö joutuu usein pohtimaan toteutuksen suojauksen rakentavan työporukan kanssa. Huomioitavia

kohtia ovat myös moduulirakenteiden liittynät toisiinsa ja muut epäjatkuvuuskohdat peitteissä, jotka on hyvä edellyttää tiivistettäväksi siihen suunnitellulla leveällä teipillä. [15; 29, s.45–49.]



Kuva 19. Sääsuojan päädyn huono asettelu kerää vettä pussiin, jonka paino halkaisee peitteen. Lisäksi vesi pääsee roiskumaan päädyistä sisään. [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Hyviksi perusedellytyksiksi on havaittu rakenteen vieminen muutaman metrin pidemmälle altaan sivureunoilta ja päätyreunoilta sekä peitteen vieminen tarpeeksi pitkälle. Kun reunat viedään tarpeeksi ulos, vesi ei pääse sateella roiskumaan sisälle tai muuten kulkemaan rakenteita pitkin sisään tuulen mukana. Allasrakenteissa päätyreunojen muuttuva geometria on usein sääsuojauksen suunnittelematon alue, mikä johtaa veden valumiseen reunoilta altaaseen ja vesipussien syntymiseen peitteen päälle. [15.]

Päätyreunojen suunnittelussa ja sääsuojan asentavan ryhmän työnjohdolta on hyvä edellyttää päätyreunojen kunnollista toteutusta, jossa vesi johdetaan hallitusti pois. Etenkin vesipussit ovat haitallisia sillä sateella sääsuoja voi kerätä alle puolessa tunnissa tarpeeksi vettä peitteen halkaisemiseen vaikka pussittava kohta ei alkuun vaikuttaisi erityiseltä. [15.]

Lämpötila ja suhteellinen ilmankosteus ovat ongelmallisia etenkin syksyn lähestyessä ja kohteen sijaitessa ulkona, jolloin voidaan harkita sääsuojan lämmittämistä sähköllä tai

polttomoottorikäyttöisin konein. Kaasu ei kuitenkaan sovellu lämmitykseen, sillä sen käyttö nostaa ilmankosteutta ja pinnoitteiden reagointi polttoaineella toimivien lämmittimien hiilidioksidipäästöihin on selvítettävä ennen käyttöä. Jos sääsuojasta käytetään kylmissä ja viilenevissä oloissa, tulee varautua veden kondensoitumiseen sääsuojan sisäpinnalle. Kondenssivettä voidaan hallita käyttämällä välikattorakenteita ja lämmitystä käyttäessä energiatehokkuuden lisäämiseksi käytetään kaksoispeitteitä, jotka samalla estävät kondenssiveden satamisen pinnalle. Ilmankosteutta hallitaan säätelemällä tuuletusta ja syksyllä lämmittimien kanssa voidaan käyttää erillistä kosteudenpoistajaa. [29, s.45–49; 38, s.5–7; 47, s.48.]

4.3.2 Varastointi ja sekoituspaikka

Olosuhteet varastoinnissa huomioidaan tapauskohtaisesti ja etenkin säkeissä oleville materiaaleille tulee rakentaa oma sääsuojansa, mutta myös korkeille ja matalille lämpötiloille arat pinnoitteet olisi hyvä säilöä suojassa. Kesäisin voidaan auringonvalon suora vaikutus estää peittein ja kylmällä säällä varastointi on hyvä toteuttaa lämmitetyssä tilassa.

Sekoituspaikan olosuhteet voidaan hallita parhaiten käyttämällä pientä telttakatosta, jos sekoitusta ei voida järjestää sääsuojan sisällä. Tällöin sekoitus voidaan järjestää varastopaikan lähelle ja tarvetta ylimääräisille nostotöille ei esiinny ja koko työstettävä allasalue voidaan käsitellä kerralla. Sekoitusta ei ole suositeltavaa suorittaa ilman suojausta, jotta muuttuva sää ei vaikuttaisi työhön ja välineet olisivat suojassa. [15.]

4.3.3 Kulku kohteeseen

Työntekijöiden pääsy työkohteeseen varmistetaan käyttämällä erillistä porrastelinettä tai varaamalla altaan tai säiliön kiinteisiin tikkaisiin soveltuvat putoamissuojavaljaat. Rakenteen omista tikkaista löytyy usein kisko erillistä putoamissuojan kiinnitystä varten, mutta malli vaihtelee liikaa, jolloin suositeltavaa on tällöin käyttää kelaavaa tarrainta hankittavissa valjaissa. [15.]

Lisäksi varaudutaan pientyökalujen laskemiseen altaaseen varaamalla tarpeeksi järeää köyttä ja soveltuva astia välineiden laskemiseen alas, jotta vältetään vaarallisilta kiipeämisratkaisuilta. [15.]

4.3.4 Telineet

Vesihuollon suuret rakenteet edellyttävät usein telineiden käyttöä, jotka muodostavat usein yhden suurimmista kustannuseristä työmaalle. Telineet voivat olla työn toteutukselle välttämättömiä ja niiden huolellinen suunnittelu on tärkeää, jotta teline rakentuu aikataulussaan ja on turvallinen. Hyvin toteutettujen telineiden etuna on rajoittamaton pääsy eri puolille rakennetta. [2, s.99–101; 15.]

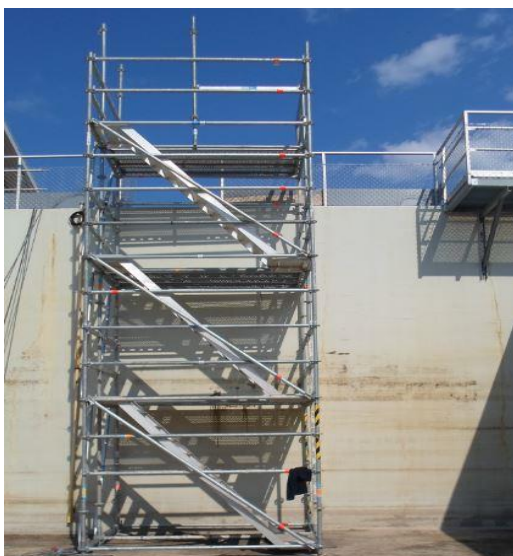


Kuva 20. Vesitornin ulkopuolinen huputettu teline helpottaa työntekoa [2, s.99].

Säiliöissä telineiden rakentamisen ongelmana ovat ahtaat kulkutiet ja haasteelliset nosto-olosuhteet. Telineiden suunnittelussa ahtaat kulkutiet vaikuttavat käytettävien osien kokoon sekä kerralla ylös nostettavan materiaalin määrään. Säiliön sisällä telinerakenteelle haasteita muodostavat usein ympyrä- ja kartiomuodot, väliseinät sekä vinot seinämät. Suunnittelijan on käytävä paikan päällä tutustumassa kohteeseen ja nostotöiden järjestys suunnitellaan etukäteen, jotta työ sujuu odotusten mukaisesti. Käytettävän telinemateriaalin määrää voidaan rajoittaa väliseinin sektoreihin jaetuissa säiliöissä rakentamalla telineet osaan sektoreista ja käyttämällä liikuteltavia telineitä. Voidaan esi-

merkiksi rakentaa telineet puoleen sektoreista ja vain puoliväliin korkeutta. Tällöin telineet siirretään kerran ja yläosien kunnostuksessa käytetään liikuteltavaa telineettä. [2, s.99–101; 14; 15.]

Vesitornien ulkopuolella telineet ovat suuria ja edellyttävät huolellisia laskelmia tuulikuormista ja maan kantavuudesta. Suuret telineet on suunniteltava huolella ja tehtävä kerralla kunnolliseksi, jotta työ on mahdollista ja turvallista tehdä. Ulkona tehtävissä töissä telineet voidaan osittain korvata konein, mikä on mahdollista pienemmissä töissä. Kone saattaa olla halvempi ja nopeampi asentaa käyttöön, mutta edellyttää koneen vapaata käyttöä betonikorjauksen tarpeisiin. Korkealle ulottuvissa koneissa ongelmaksi saattaa muodostua myös tuulen aiheuttama heilutus, mikä voi estää työnteon kokonaan tai heikentää työmenekkiä oleellisesti. [2, s.99–101; 14; 15.]



Kuva 21. Turvallinen kulkutie altaaseen on järjestetty porrastelineen kautta [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Altaissa suuret telineet ovat usein porrastorneja kulkutienä ja työnteossa on altaiden koon puolesta tehokkaampaa käyttää pienempiä liikuteltavia telineitä [15].

4.3.5 Valaistus

Valaistus on etenkin suljetuissa säiliöissä tarpeen toteuttaa huomioimaan työryhmien tarpeet käyttämällä tarpeenmukaista kohdevalaistusta sekä yleisvalaistusta. Lisäksi on

hyvä varautua sähkökatkoksiin tai muihin häiriöihin käyttämällä otsavalaisimia. Käytännössä vesisäilöt edellyttävät lisävaloa työnsuorittamiseksi. Valaisimia valittaessa on hyvä suosia loiste- ja led-valaisimia, sillä ne eivät halogeenivalaisimien tapaan tuota liikaa lämpöä tai kuluta virtaa yhtä paljon. [14.]

Valaistukseen liittyen myös sähköistys on mitoitettava käyttötarpeet huomioiden, missä huomioidaan etenkin paljon virtaa vaativat painepesurit, ruiskut ja suuremmat lattiahiomakoneet [15].

4.4 Menekit ja työmenetelmät

Betonirakenteiden kunnostustöiden tyypillisiä menekkejä perustuen Skanskan seurantaan sekä RATU-kortistoon on kirjattu ylös taulukkoon 1. Todellisiin kokonaismenekkeihin vaikuttavat suuresti kohteen ominaisuudet, mitat ja alue, joka voidaan kerralla toteuttaa. Tarvittaessa vaiheissa pyritään viemään työ sovittuun rajaan saakka, jotta työ jaksottuisi hyvin viikolle tai raja osuisi laadun toteutumiseksi oikeaan kohtaan. Esimerkiksi tasoitustyössä pyritään kerralla toteuttamaan työ sopivaan saumarajaan asti tai pinnoitustyössä allas saamaan valmiiksi.

Pinnan puhdistusmenetelmissä, kuten hiekkapuhalluksessa ja korkeapainepesussa työmenekkeihin vaikuttavat kohteen esteettömyys sekä pinnalta puhdistettavat aineet. Huonossa tapauksessa työaikaa joudutaan käyttämään moninkertaiseksi haluttuun puhdistustulokseen pääsemiseksi, jos puhdistettavalla pinnalla on vaikeasti irtoavaa epäpuhtautta. [15; 48, s.25–33.]

Oikealla paineella suoritettavan korkeapainepesun avulla voidaan nykyisin korvata hiekkapuhallus, jolloin vanhojen pinnoitteiden ja sementtiliiman poistosta syntyy huomattavasti vähemmän jätettä ja ylimääräistä siivoustyötä. Korkeapainepuhdistuksessa voidaan käyttää myös lämpöä puhdistuksen apuna, jolloin noin 50°C asteinen käyttövesi pehmittää pinnoitteen. Esimerkiksi 400–1000 bar paineella sekä sopivalla työkulmalla voidaan betonipinta puhdistaa pinnoitteesta ja sementtiliimasta. 500 bar painetta arvioidaan olevan hiekkapuhallusta vastaava. Korkeapainepesuun kehitetään käytettäväksi myös 1000–3000 bar laitteita, jotka käyttävät vähemmän vettä samaan puhdistustulokseen, mutta riskinä on betonin murentuminen pesun yhteydessä. [15; 48, s.25–33.]

Vesipiikkaus on käyttökelpoinen purkumenetelmänä suurille purettaville pinta-aloille, jolloin menetelmän etuna on oikealla paineella saada purettua tarkasti 1,5 MPa vetolujuuden arvot alittavat betonialueet. Samalla auki piikattu alue puhdistuu seuraavia toimenpiteitä varten ja raudoitus sekä ehjä betonirakenne säilyvät vaurioitumatta. Mekaanisesti suoritettavat rajausta ja piikkaus soveltuvat pieniin alueisiin rajautuvaan purkutyöhön, joka edellyttää piikatun alueen puhdistusta jälkikäteen. Mekaanisessa piikkauksessa betonirakenteeseen saattaa syntyä vaurioita, kuten halkeilua ja raudoitteiden vahingoittumista käytettäessä ylisuurta konetta. [6, s. 27–28; 15.]

Suurille allasalueille on tehokasta levittää tasoitus- ja tartuntalaastit sekä pinnoitteet ruiskuttamalla, jolloin laatu on tasaisempaa ja suoritus nopeampaa. Ruiskutuksessa huolehditaan erityisesti ympäristön ja häiriintyvien kohteiden suojaamisesta. [15.]

Taulukko 2. Yleisten menetelmien menekkejä [49].

Menetelmä	Tahdistava tekijä	tth/yks T4	yks/tv	ryhmä koko	yksikkö
Hiekkapuhallus	Sektori	0,04- 0,06	50-200	2+0	m ²
Korkeapainepesu	Allas/Sektori	0,04- 0,06	50-200	1+0	m ²
Laastin levitys ruiskuttamalla ja harjaus	Sektori	0,03- 0,05	160–250	4(6)+0	m ²
Pinnoitus ruiskuttamalla	Allas/säiliö	0,008	1000	2+0	m ²
Vesipiikkaus	Sektori	0,36– 0,40	20	1+0	m ²
Mekaaninen piikkaus	Sektori	0,34	25	0+1	jm
Paikkaus ja korroosiosuojaus	Sektori	0,49	16	0+1	jm

Taulukkoon 2 on kerätty tiedossa olevia arvoja projekteista ja julkisista lähteistä, mutta työkohteen olosuhteet sekä työntekijän ammatillinen osaaminen määrittävät todelliset toteutuvat menekit. Menekkeihin vaikuttavat erityisesti miten suuren alueen voi kerralla tehdä ilman välineiden siirtoa, alueen muodot ja vaikeakulkuisuus ja menetelmän toimivuus materiaalissa.

4.5 Työryhmä

Skanska Infran betonirakenteiden kunnostustyöt toteutetaan käyttämällä luotettavia betonikorjaustöihin erikoistuneita aliurakoitsijoita, joiden kanssa korjaustyön sisältö suunnitellaan etukäteen. Aliurakoitsijan työnjohto toimii tavallisesti samanaikaisesti useammalla työmaalla ja on läsnä kriittisissä vaiheissa sekä ajoittaisissa tarkastuksissa. Työmaalla Skanskan työnjohto valvoo päivittäistä toimintaa työsuunnitelmien mukaisesti. Toinen pohdittava vaihtoehtoinen tapa toteuttaa urakat olisi perustaa Skanskan oma betonikorjausten perustyöryhmä, jonka toimintaa tuettaisiin tasaamalla työmäärien huippukohtia aliurakoitsijan avulla. [14.]

4.5.1 Perustyöryhmän kokoonpano

Perustyöryhmän kokoonpanon tulee voida suorittaa merkittävä osa kunnostustyöhön liittyvästä toiminnasta itsenäisesti, jolloin toimintaa tuettaisiin aliurakoitsijan voimin vain tarvittaessa. Kokoonpanon vaadittavaan työmiesten määrään vaikuttaa myös samanaikaisten työmaiden määrä sekä työnjohdon toteutusmalli. [14.]

Työnjohto voidaan toteuttaa käyttäen työryhmälle osoitettua vakinaista työnjohtajaa, joka hoitaa päätoimisesti työnsuunnittelua ja dokumentointia yhteistyössä eri työmaiden kanssa. Vaihtoehtoisesti työssä voidaan käyttää ryhmästä työmaalla vastaavaa ns. nokkamiestä, joka on kokeneempi muita ohjaamaan kykenevä työntekijä. Tällöin työnsuunnittelu ja dokumentaatio ovat enemmän työmaan paikallisen työnjohdon vastuulla ja työryhmä osallistuu tarvittavin osin niiden toteutukseen. [49.]

Menekkitiedostojen perusteella yhden työvaiheen voidaan arvioida vaativan jatkuvasti vähintään 2...4 ammattimiestä, jossa suositeltavampi määrä on usein neljä työkapasiteetin säilymiseksi. [49].

Vaihtoehtoisia kokoonpanoja yhden työmaan perustarpeeseen ovat esimerkiksi:

- 1+4, jossa neljä ammattimiestä voivat toimia itsenäisesti tai ryhmissä,
- 1+2+2, jossa ammattimies toimii rakennusmiehen kanssa,
- 4+0, jossa neljä ammattimiestä toimii työmaan työnjohdon alaisuudessa.

Neljä työmiestä kykenee toteuttamaan tavalliset työt tehokkaasti tai toimimaan kahdessa eri paikassa samanaikaisesti. Työryhmillä on hyvä olla käytössään oma työjohtaja, joka varmistaa työsuunnitelmat ja yhteistyön työmaan kanssa sekä koneiden ja materiaalien saatavuuden. Työnjohtajan olisi hyvä käydä työmaalla vähintään muutaman kerran viikossa varmistamassa töiden toteutumisen suunnitellusti. [59.]

Osa kunnostustyöhön liittyvistä työsuorituksista on luontevaa hankkia aliurakointina. Kokonaisuella käyttömäärältään vähäisiä, kalliita tai muuten erityisosaamista vaativia toimenpiteitä on kustannustehokasta hankkia aliurakointina. Esimerkiksi vetokokeet sijoituvat rajallisiin hetkiin ja edellyttävät erityisosaamista laadun takaamiseksi. Muista työvaiheista vastaavia ovat vesipiikkaus ja suuret lattiajyrsintäkoneet. [14;15.]

4.5.2 Perustyöryhmän kustannukset

Oman työryhmän perustamisesta muodostuu välittömästi kustannuksia, joita muodostuu henkilöstön rekrytoinnista ja tarvittavien varusteiden hankinnasta. Lisäksi toiminnasta aiheutuu kuuluvat kiinteitä kuluja ja käyttökuluja. [54, s.34–35.]

Kiinteitä kuluja muodostuu työryhmän palkkauksen kuluista sekä muusta jatkuvasta las-
kutuksesta kuten pitkäaikaisista vuokralaitteista. Käyttökuluja muodostuu merkittävästi työturvallisuusvarusteista ja vaatetuksesta sekä siirtymisiin käytettävistä polttoaineku-
luista. Monet betonikorjauksen työvaiheet kuluttavat nopeasti suojavaarustusta ja eri työ-
vaiheet vaativat erilaisia suojaustarpeita ja märkien varusteiden vaihtokappaleita. Eten-
kin kaukaisiin kohteisiin siirtyessä tulee laskea ja vertailla varusteiden siirtoon kuluja sa-
man varusteen vuokrauskulujen kanssa. [54, s.34–35; 14; 15.]

Betonikorjaustyöt arvioidaan vaativiksi ammattitaitoa ja tietämystä edellyttäväksi työksi, mikä tarkoittaa työntekijöiden kuulumista Maa- ja vesirakennusalan TES:n palkkaryhmiin IV–V. Palkkaryhmässä IV työntekijä on oman alansa ammattilainen ja suoriutuu tehtävistä itsenäisesti ja monipuolisesti. Ryhmässä V vaativien ammattitöiden työntekijä hallitsee ammattialansa syvällisesti tai laaja-alaisesti. Lisäksi ryhmä VI käsittää erittäin vaa-
tivien töiden tekijät, jotka hallitsevat myös ammattimiesten työn ohjauksen. Vuoden 2014 Maa- ja vesirakennusalan TES:ssä palkkaryhmä IV perustuntipalkka on 13,44 € ryhmän V 14,51 € ja ryhmän VI 15,81 €. [51; s.18–21.]

Tarvittavaan laitteistoon kuuluvat:

- Mittavälineet: mittalaser, märkäkalvopakkuus, sääasema (lämpö-/kosteusmittari), pintalämpömittari,
- Hiekkapuhalluslaitteisto ja tarvittavat työturvallisuusvälineet,
- Korkeapainepesuvälineet,
- Ruiskutuskalusto: tasoite ja pinnoite,
- Tehokas polttoainekäyttöinen kompressor, min. 10 bar (väh. 20% ylitys, jotta vältetään koneen ylikuumenemiselta kesällä suurella käyttöasteella),
- Yleisiä betonityökaluja,
- Pienet sähkötyökalut: porakoneet, kulmahiomakoneet, jyrsimet, piikkauskoneet,
- Injektointikalusto,
- Työturvallisuuden edellyttämät henkilösuojaimet (kemikaali- ja kaasusuojaus, pöly, putoamissuojaus, viiltosuojaus),
- Pientarvikkeita,
- Kamera,
- Kannettava tietokone,
- Pakettiauto ja peräkärry. [49.]

Raskaassa käytössä oleva kallis kalusto vaatii lisäksi erityistä huoltoa, jota osaava henkilöstö kykenee suorittamaan osittain työmaaolosuhteissa. Etenkin vaikeasti korvattavalle ja kalliille kalustolle on hyvä olla tiedossa miten ja missä huolto suoritetaan. [15.]

4.5.3 Edut ja haitat

Oman perustyöryhmän kautta saavutetaan parempaa aikataulumuutosten kestoa työntekijöiden laadun kärsimättä liika. Aliurakoitsijaan nojautuvassa toiminnassa aikataulun tulee olla selvillä mielellään viikkoa ennen, jotta käytettävien työntekijöiden laatu pysyisi hyvänä. Aliurakoitsijavetoisessa toiminnassa ongelmana esiintyy myös suunnitelmallisuuden vaihtelua, jos käynnissä on samanaikaisesti useita työmaita. Osa työmaista voi

jääda vähemmälle huomiolle ja aikatauluongelmat voivat kasaantua työmaille, kun osaa-
vaa työvoimaa ei ole käytössä tarpeeksi. [44.]

Aliurakoinnin etuna on etenkin edullisuus, kun työtä tehdään vain tarvittaessa. Lisäksi
parhaimmillaan aliurakoitsija on sitoutunut kouluttamaan työvoimaansa yrityksen erityis-
osaamisalueen tarpeeseen. Aliurakoitsijan vetämässä toiminnassa aliurakoitsija omaa
sopimuksiin perustuvan laatu vastuun toiminnastaan. Oma työryhmää käytettäessä toi-
minnasta kertyy paremmin tietoa pääurakoitsijan käyttöön, jolloin toimintaa voidaan oh-
jata tarkemmin ja työntekijöiden koulutusta pitää tiedossa. [44.]

Molemmissa tapauksissa suositeltavaa on Skanskan työnjohdon aktiivinen osallistumi-
nen työsuunnitteluun ja hallintaan, jotta laatu, aikataulu ja logistiikka toimivat asianmu-
kaisesti [44].

4.6 Vaihtoehtoiset aineet

Vaihtoehtoisia menetelmiä ja aineita voidaan ehdottaa käytettäväksi urakan aikana tai
tarjousvaiheessa, jos lopputuloksen laatu ei muutu suunnitelmissa esiintyvien laatuvaai-
timusten suhteen. Käytettävät menetelmät voivat sopia urakoitsijan kalustolle paremmin
tai niillä voidaan saavuttaa kustannussäästöjä, joista saatavat hyödyt jaetaan osapuolten
kesken. Markkinoilla on olemassa myös laatuvaatimukset täyttäviä materiaaleja, joita
voidaan käyttää heikommassa olosuhteissa tai työ voidaan suorittaa nopeammin. Vaihtoehtois-
ten aineiden käyttöä suunniteltaessa pohditaan soveltuuko aine teknisesti koh-
teeseen, kestäkö aine rasituksia ja onko se yhteensopiva muiden käsittelyiden kanssa.
Tuotteita valittaessa huomioidaan aineyhdistelmät, jotka eivät toimi keskenään tai voivat
vaatia erityistä tarkkuutta tartunta- ja korjauslaastien ajallisen yhdistämisen suhteen. [2,
s.80–82; 15.]

4.6.1 Polyurea

Polyurea on 1990-luvulla kehitetty erittäin nopeasti kuivuva ja laajan rasitteiden sietoky-
vyn omaava pinnoite, jota käytetään nykyisin enentyvässä määrin teollisuuden pinnoitus-
kohteissa. Polyurean nopean 1-3 sekunnin kuivumisajan johdosta sen käyttöä suositetaan
etenkin teollisuuden kohteissa, joissa tuotannonseisokit pyritään minimoimaan. [40.]

Polyurean etuja ovat:

- Nopea kovettumis- ja kuivumisaika, on sekunneissa kosketuskuiva ja minuuteissa sateen kestävä.
- Venymiskestävyys, voi venyä 700 %
- Lujuus
- Kemiallinen kestävyys
- Lämpötilakestävyys, -50°C – +150°C. [39.]

Polyureaa pidetään rasisusten sietokyvyltään soveltuvana jätevesikäyttöön ja toisaalta se on Euroopassa hyväksytty juomavesikäyttöön eikä sisällä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC-yhdisteet). Polyurea on kustannuksiltaan kalliimpaa verrattuna muihin ratkaisuihin, mutta hinnan arvioidaan alenevan, kun tekniikka yleistyy ja markkinat hyväksyvät tuotteen käytön. [39; 40.]

Polyurea vaatii kuitenkin tasaisen ja täysin kuivan alustan, jotta tuote muodostaa yhtenäisen pinnan ja saa riittävän tartunnan alustaan. Lisäksi koneet ovat isoja, mikä rajoittaa käyttömahdollisuuksia ahtaissa tiloissa. Pinnoituksen epäonnistuessa purkutyö on kallista ja vaikeaa. [15.]

4.6.2 Nopeasti kuivuvat aineet

Toinen merkittävä aineryhmä muodostuu nopeasti kovettuvista tuotteista, joita voidaan käyttää myös alemmissa lämpötiloissa, kuin tavallisia aineita. Aineista riippuen tuotteita voidaan käyttää lämpötilan lähestyessä 0°C ja osa tuotteista pystyy sitoutumaan yöpakkasten aikana. Esimerkiksi Sto Finexter QS-tuotteita voidaan käyttää +1°C lämpötilassa ja yli 90 % ilmankosteudessa, jolloin kuivumisajan luvataan olevan jatkokäsittelyä varten 24 tuntia. [15; 41; 42, s.9; 43.]

Nopeasti kuivuvien ja alhaisissa lämpötiloissa sitoutuvien aineiden avulla voidaan osittain hallita sääolosuhteiden muodostamia riskejä syys- ja kevätkausiin osuvissa työvaiheissa [15.]

4.7 Ympäristö

Ympäristötehokkuuden huomioiminen työmaaolosuhteissa on Skanskan toiminnassa tärkeää ja sillä nähdään olevan selvä vaikutus työmaan talouden kannattavuuteen parantaen tulosta ja liikevaihtoa [30, s.2].

Betonirakenteiden korjaustyölle ominaisia tekijöitä ympäristötehokkuuden kannalta ovat jätehuollon suunnittelu, kemikaalien varastointi ja käyttö, työmenetelmistä aiheutuvien häiriöiden hallinta ja energiatehokkuuden huomiointi [14; 15.]

4.7.1 Ympäristöä häiritsevät toimenpiteet

Kunnostustyö saattaa sisältää useita vaiheita, joissa lähialueen ympäristö ja häiriintyvät kohteet on huomioitava. Hiekkapuhallus, painepesu ja vesipiikkaus estävät yleensä turvallisen työskentelyn samassa tilassa, sekä edellyttävät yleensä kohteen eristämistä muusta ympäristöstä, jotta pöly tai vesisumu ei pääsisi leviämään hallitsemattomasti.

Hiekkapuhallus on erittäin pölyävä työvaihe, jossa etenkin säiliötiloissa on pölyn eteneminen estettävä tarkasti aukot tiivistämällä. Tarvittaessa voidaan käyttää märkämenetelmää eli vesihiekkapuhalluksena, jossa puhallussuihkuun lisätään vettä pölyämisen vähentämiseksi. Toinen vaihtoehtoinen tapa on käyttää korkeapainepesua, jossa 400–3000 bar paine puhdistaa betonipinnan vain vettä käyttämällä. [6, s.29–30.]

Vaikka käytettäisiin märkämenetelmää, ovat läheiset kohteet suojattava peittein ja asianmukaisesti tiivistäen. Etenkin ilmanvaihto- ja ilmastointikoneet on suojattava erityisen tarkasti jatkamalla lähellä sijaitsevat ilmanottoaukot tarpeeksi kauas esimerkiksi ruttuputkella tai vastaavalla. Säiliötiloissa oviaukot on hyvä varustaa erikseen rakennettavalla puukehyksellä, johon voidaan tehdä varmasti paikallaan pysyvä tiivis muoviovi tai vastaava. Suuret teipattavat muovinpalat ovat riittämättömiä eivätkä todennäköisesti pysy paikallaan työn aikana. [6, s.29–30; 15; 48, s.25–33.]

Työvaiheena hiekkapuhallus estää muut työvaiheet samassa tilassa vähintään 20–30 m alueella ja pölystä häiriintyviä työvaiheita tulee välttää viereisissä osastoissa, ellei pölyn leviämistä voida estää varmasti [15].

Vesipiikkaus suoritetaan ruiskuttamalla vettä kohdistettuna rakenteeseen suurella paineella, joka voi olla 40–300 MPa (400–3000 bar). Työturvallisuuden johdosta vesipiikkaus estää muut työt lähialueella sekä vesipiikkauksen alapuolella. [6, s.27–28.]

Mekaanisesti suoritettava rajausta ja piikkaus aiheuttavat työvaiheena vähiten häiriötä ympäristöön, mutta työstä aiheutuu työturvallisuuteen vaikuttavaa vaaraa alapuoliselle alueelle. Alue alapuolelta on hyvä eristää asianmukaisesti kiinteällä aidalla ja ilmoituksella tehtävästä työstä. [15.]

Pinnoitus ja tasoitus ruiskuttamalla aiheuttavat etenkin pinnoitusvaiheessa sumun leviämistä laajalle alueelle, mikä hallitaan asianmukaisesti suojaamalla herkätkohteet sekä estämällä sumun leviäminen. Ennen työn aloitusta tunnistetaan lähialueen häiriöherkätkohteet ja sumun leviämisreitit kohteen ulkopuolelle. Avoimissa altaissa sääsuoja estää tehokkaasti sumun leviämisen, mutta ennen työn aloitusta on suotavaa tarkistaa päädyt, joiden lähellä sijaitsee häiriintyviä kohteita. Tarvittaessa suljetaan pääty peittein tai viedä peite lähelle maata sumun leviämisen hillitsemiseksi. Säiliöissä sumun eteneminen pysähtyy luonnollisesti ympäröiviin betonirakenteisiin, mutta ilmanvaihtokanavat ja oviaukot on hyvä varustaa muovisuojuksin, jotka estävät sumun leviämisen. [55, s.35.]

Sumulle arat kohteet kuten lähirakennukset, valaisimet, ikkunat ja muut suojataan tarpeen mukaan peittein ja etenkin ikkunat ja valaisimet 20–40 m etäisyydellä on hyvä muovittaa tiiviisti. Alueelle parkkeeraus on myös hyvä estää etukäteen tai kehottaa siirtämään ennen ruiskutusta, mutta viimeisenä keinona myös suojata tarkoin vahingoilta välttämiseksi. [55, s.35.]

4.7.2 Jätehuolto

Jätehuollon suunnittelussa huomioidaan korjaustyöstä aiheutuvat jätelajitteet sekä määrät yhdessä muiden työvaiheiden kanssa, jotta toteutuksessa jätehuolto voidaan suorittaa tehokkaasti. Kunnostustöissä voidaan olettaa purkutöistä aiheutuvan pölyä vanhasta pinnoitteesta, puhallushiekasta ja betonista, lisäksi betonin piikkausjäte on tyypillistä. Kemikaalien ja laastien käytöstä lajiteltavaa jätettä syntyy metalli- ja muoviastioista sekä betoni- ja laastisäkeistä. Lisäksi on huomioitava kemikaalien ylijäämät, jotka yleensä ovat ongelmajätteeksi luokiteltavia. [14; 15.]

Hiekkapuhallus on voimakkaasti pölyävä työvaihe, jossa kohteen suojaus ja eristys on suoritettava huomioiden lähiympäristön häiriintyvät kohteet. Syntyvä puhallushiekkajäte kerätään talteen erikseen muusta jätteestä välittömästi estäen sen joutuminen maaperään tai viemäriin. Siirtoasiakirjaa varten on selvittävä betonirakenteen mahdollisen alkuperäisen pinnoitteen sisältö, jotta puhallushiekkajäte voidaan luokitella oikealla jättekoodilla jätteenkäsittelylaitosta varten. Tavanomaisesti puhallushiekka luokitellaan kohtaan *Muut kuin nimikkeessä TS 08 01 11 mainitut maali- ja lakkajäänteet eli 08 01 12*. Eriksien on varottava esimerkiksi polykloorattuja bifenyylejä (PCB) sisältäviä pinnoitteita, jolloin kyseessä voi olla omalla jättekoodillaan kulkeva ongelmajäte. [6, s.17; 31;32.]

Puhdasta betonijätettä ei kunnostustyössä välttämättä synny suuria määriä, jolloin erillisen vaihtolavan käyttäminen voi olla ylimitoitettua. Määrästä riippuen tarkoituksenmukaista voi olla kerätä syntyvä betonijäte erikseen pienempään säilytysastiaan kunnes muita pieniä jäte-eriä viedään kaatopaikalle. [15.]

Kemikaalit käsitellään yleensä ongelmajätteinä, mutta tyhjät, sivellinkuivat astiat voidaan yleensä hävittää sekajätteenä tai metallikierrätyksessä käyttöturvallisuustiedotteen ohjeistuksen ja voimassaolevien määräysten mukaisesti [32].

Työmaan jätehuoltoa käsitellään Skanskan ohjeistuksen mukaan työmaan ympäristösuunnitelmassa, josta on olemassa valmis pohja Skanskan sisäisessä järjestelmässä. Työmaaolosuhteissa jätteiden sijoitus toteutetaan suunnitelmallisesti ylläpitäen kirjanpitoa määristä ja laadusta. [30, s.11.]

Jätehuollon suunnittelussa selvitetään alueen jätehuollosta vastaavan organisaation ohjeet rakennusjätteiden jatkokäsittelyn osalta, jotta työmaan jätehuolto toimisi tehokkaasti [33].

4.7.3 Energia

Energiatehokkuudesta huolehditaan työmaalla käyttäen soveltuvia koneita ja pienvälineitä. Suurin osa käytettävistä koneista edellyttää sähköä ja on hyvä suunnitella työmaan sähkönkäyttö ja tarpeet omana sähköistysuunnitelmanaan, jossa huomioidaan betonirakenteen kunnostustyössä käytettävien laitteiden sähköntarve. [30, s.26–32.]

Yleensä altaiden suuri koko vaatii altaalle oman pienemmän esimerkiksi 16A sähkökeskuksen käytettäviä pienkoneita ja valaistusta varten. Lisäksi etukäteen on syytä selvittää mitkä käytettävistä koneista vaativat 16A tai 32A lähtöjä ja mitä koneita käytetään samanaikaisesti. Sähköntarvetta arvioidessa huomioidaan viereiset työvaiheet, jotta työmaalla ei tarvitse uudelleen järjestellä virransaantia. [14, 15.]

Esimerkkejä koneiden virrantarpeesta:

- lattiahiomakone 16A/32A, 1-15 kW
- painepesuri 16A, 1-3 kW
- ruiskutuslaitteisto (tasointus/pinnoitus) 16A, 1-7 kW.

Käytettävissä olevien sähkökeskusten mitoituksessa on hyvä huomioida myös pienkoneiden kuormitus, jotka ovat laitetta kohdin 0,5-3 kW riippuen laitteesta. Kun tiedetään kokonaistarve, voidaan tarkastella työmaalla yleisesti käytössä olevien alasähkökeskusten kapasiteetteja: 16A 10 kW, 32A 15 kW ja 63A 40 kW. [34, s.17.]

Energiankulutukseen vaikuttaa valittu valaistusratkaisu, jossa on tarkoituksenmukaista käyttää valoteholtaan riittävän tehokkaita loiste- tai LED-valoja, jotka vaativat huomattavasti vähemmän sähkötehoa verrattuna halogeeneihin [30, s.26].

Polttomoottorikoneita, kuten suuria henkilönostimia tai kompressoreita käytettäessä on hyvä käyttää kohteen tarpeeseen mitoitettua konetta, välttää tyhjäkäyntiä ja pitää huolta koneen kunnosta [30, s.32].

5 Kunnostustyön haasteet ja kriittiset tekijät

Vesialtaiden ja -säiliöiden omistuksen hajanaisuus, ja siitä johtuva tarkastustoiminnan ja ylläpidon laadulliset vaihtelut heijastuvat yhdessä toiminta-alan pienimuotoisuuden kanssa rakennustyömaalle asti. Tilaajatahot ovat usein kokemattomia laajojen kunnostustöiden läpivienneissä, jolloin käytettävien konsulttien ammattitaitoisuus korostuu kunnostustöitä suunniteltaessa. Korjattavat rakenteet ovat usein erittäin vaativia ja sisältävät lukuisia vaikeasti havaittavia rakenneosia sekä toiminnallisia kokonaisuuksia. Lisäksi jatkuva käyttötarve vaikuttaa tarkastustoiminnan ja korjausten viivyttämiseen, mikä johtaa ongelmien kerääntymiseen. [14.]

Betonirakenteiden kunnostustyöt ovat tavallisesti yksi osa suurempaa urakkakokonaisuutta, joka voi sisältää muita korjauskohteita sekä uudisrakentamista. Töiden yhteensovittaminen osana aikataulusuunnittelua on tärkeää, jotta haitalliset vaikutukset eri töiden välillä olisivat hallinnassa. Vaikka allas- ja säiliörakenteet ovat selvästi erillään muusta ympäristöstä, kuuluu niihin tavallisesti muuta toimintaa rajoittavia työvaiheita. [14.]

5.1 Kunnostustyöhön sisältyviä merkittäviä riskitekijöitä

Vesihuollon altaiden ja säiliöiden betonikorjaustyöt edellyttävät työnjohdolta ja työntekeijöiltä ammattitaitoa ja kokemusta. Osaava tekijä kykenee kommentoimaan työtä ja menetelmiä sekä toteuttamaan laatuvaatimusten mukaista tulosta aikataulussa. Henkilöstön on tunnettava käytettävät menetelmät, tuotteet ja kohteen laatuvaatimukset. [6, s.98.]

Ennen töiden aloitusta aikataulullisesti vaikeinta on arvioida purkutöiden etenemistä, joissa todellinen vaurioiden määrä ilmenee vasta työn aikana. Vaikka purkutöiden määrästä on esitetty suunnitelmissa arvioita, esiintyy purkutöissä tuntemattomia riskitekijöitä, joiden vaikutukset heijastuvat seuraaviin vaiheisiin [2,s.72–75.]:

- Todelliset määrät
- Yllättävät häiriöt
- Käytettävien purkumenetelmien toimivuus kohteessa.

Purkutöiden todelliset määrät muodostavat aikatauluriskin, vaikka niiden kustannukset hallitaan usein sidottujen määrien kautta urakkasopimuksessa. Sidotuilla määrillä tilaaja ottaa vastuuta toteutuvista määristä ja urakoitsija huolehtii työn hinnoittelusta ilman liiallista epävarmuutta. Urakan aikana verrataan toteumaa arvioituun sidottuun määrään ja sen perusteella urakoitsija joko laskuttaa tai hyvittää tilaajaa syntyneiden määrien mukaan. Sidotut määrät eivät kuitenkaan poista aikatauluun kohdistuvia seurausvaikutuksia, jos purkutöihin käytetään enemmän aikaa ja seuraava työvaihe ei pääse alkamaan. [2,s.72–75.]

Purkutöiden suunnittelua parannetaan tutustumalla huolellisesti kuntoselvityksiin ja suorittamalla tutustumiskäynti kohteeseen ennen urakan alkamista. Tutustumiskäyntiä varten tehdään alustava suunnitelma, joka antaa laajemman näkökulman työn arvioimiseksi lopullista suunnitelmaa varten. [14; 44.]

Purkutyön menetelmää valittaessa merkittävää on purkutöiden laajuus ja raja-
aus, joihin vaikuttaa puhdistetulta alustalta vaadittava 1,5 MPa vetolujuus jatkokäsittelyä varten. Suuret purkutyöt suoritetaan vesipiikkaamalla ja pienemmissä käytetään noin 800 bar suurpainepesua. Pölynhallinta on toinen merkittävä tekijä, joka on etenkin vesitornien säiliöissä oleellista siivoustyön vaikeuden johdosta. Esimerkiksi hiekkapuhallus on suositeltavaa korvata suurpainepesulla, jota käyttämällä tarvitaan noin 500 bar paine hiekkapuhallusta vastaavaan tulokseen pääsemiseksi. Pienet purkutyöt suoritetaan sopivalla kalustolla mekaanisesti piikaten, jyrsien tai hioen. [15.]

Työryhmien toiminnassa purku- ja betoninkorjaustöiden ajallinen kesto vaihtelee kohteen vaurioista riippuen, mutta tasoitus- ja tartuntalaastityöt sekä pinnoitustyö suoritetaan tyypillisissä kohteissa vakioajoissa yhtä allasta kohden:

- Tasoitus-/tartuntalaastin levittäminen ruiskuttamalla – 1 työviikko (kohteen koosta ja vaikeudesta riippuen voi viedä enemmänkin aikaa)
- Kuivuminen ennen seuraavaa työvaihetta – 1 työviikko (optimiolosuhteissa)
- Pinnoitustyö ruiskuttamalla – 1 työviikko
- Kuivuminen sääsuojassa – 1 työviikko (optimiolosuhteissa/aineesta riippuen). [49.]

Työturvallisuus on rakennusalan perinteinen ongelmakohta, jossa Skanska on Suomessa pyrkinyt olemaan edelläkävijä. Betonirakenteiden kunnostustöissä toimintaan al- las- ja säiliörakenteissa sisältyy merkittäviä turvallisuusriskejä, kuten:

- Purkutyöhön liittyvä pölyäminen
- Käytettävät kemikaalit ja niiltä suojautuminen
- Väliaikaiset rakenteiden käyttö ja putoamisvaara
- Vaarat suljetuissa ja/tai vaikeapääsyissä tiloissa. [52; 55, s. 34–35.]

Etenkin suljetut tilat kuten säiliöt muodostavat merkittävän työturvallisuusriskin, jolloin yksityöskentelyä ei turvallisuussyistä sallita. Ennen töiden aloittamista suljetuissa ti- loissa tehdään työstä ohjeistuksen mukaan työn turvallisuussuunnitelma TTS, joka käsi- tellään työntekijöiden kanssa. TTS:ssä käydään läpi työn turvallisuuteen vaikuttavat te- kijät, varmistetaan toiminta hätätilanteessa ja käydään läpi työnkulku. Säiliötilojen tuule- tus on varmistettava, jolloin tarvittaessa käytetään puhaltimia letkuilla ja suoritetaan il- manpitoisuusmittauksia. [52.]

Puhdasvesialtaiden kunnostuksessa esiintyy vaatimuksia elintarvikepuhtaudelle ja hy- gienialle, jotka huomioidaan käytettävissä tuotteissa ja työnteossa. Työnsuunnittelussa tulee huomioida talousveteen kohdistuvat riskit ja työntekijöiltä edellytetään vesityökort- tia sekä puhtaiden vaatteiden ja välineiden käyttöä. Työtä suorittavalla yritykseltä edel- lytetään työn vaatimat sertifikaatit. Käytettävät materiaalit hyväksytään vesilaitoksen toi- mesta, jolloin kelpoisuus määrittyy usein ulkomaisten sertifikaattien kautta. Suomessa ei ole käytössä viranomaismääräyksiä, -hyväksyntää tai suosituksia käytettäviin materiaa- leihin. [2, s.94–97.]

Käytettäviin työmenetelmiin ja laitteisiin liittyy etenkin purkuvaiheessa riskitekijöitä, jotka vaikuttavat aikatauluun niiden toteutuessa. Esimerkiksi laajat pintojen puhdistustyöt voi- vat viedä suunniteltua kauemmin, jos menetelmää ei ole testattu hyvissä ajoin ennen aloitusta. Työnsuunnittelussa arvioidaan menetelmän toimivuutta ja etenkin sen vaati- maa vapaata tilaa sekä etäisyyttä kohteesta huomioiden muut samanaikaiset työvaiheet ja telineet. [15.]

Yllättävät häiriöt käsittäen konerikot, rakenteen tuntemattomat vauriot tai rakenneratkaisut sekä muut häiriöt, joihin ei ennakkotietojen perusteella ole varauduttu. Yllättäviin häiriöihin voidaan varautua suunnittelemalla etukäteen, miten rikkoontunut kone korjataan tai mistä saadaan tarvittaessa lisätyövoimaa. Työsuunnitelmissa esitetään toimintasuunnitelmia häiriötilanteita varten, jolloin tiedetään nopeasti miten tilanteessa tulisi toimia. [2, s.79; 15.]

5.2 Aikataulu ja käytettävät työryhmät

Aikataulusuunnittelun merkitys korostuu etenkin ajallisesti rajoitetuissa projekteissa, joissa vastaan tulevat tilaajan aikamääreiden lisäksi myös olosuhteiden luomat pakotteet [14].

Tarvittavien työryhmien määrää arvioidessa huomioidaan sovitun aikataulun toteutumisen vaatima työmiesten määrä, jossa tulee myös tarkkailla sääolosuhteiden kehittymistä etenkin jos sääolosuhteille alttiit vaiheet sijoittuvat heikkeneviin sääolosuhteisiin. Sääolosuhteiden kehittymistä varten on työtä suunnitellessa tarkasteltava alueen säähistoriaa, joka löydetään sääpalveluista. [15.]

Skanska Infran betonirakenteiden kunnostustöitä sisältävissä urakoissa on kunnostustyötä tekevän työryhmän tai ryhmien kohteina usein toisistaan erillisiä betonirakenteita. Urakkaan saattaa sisältyä useita samankaltaisia altaita, vesitorneissa saatetaan kunnostaa tornin jalka sekä säiliö ja urakassa voi olla saman tilaajan useita erillisiä pienkohteita lisänä. Käytettävien työryhmien liikkuminen kohteissa ja tehtävien töiden sovitus muihin urakan töihin kuuluu kunnostustyön toteuttamisen sisältämiin haasteisiin. [15.]

Tuotteiden kuivumisen varalle suunnitellaan työsuoritukset vaihtomestoihin ja huolehditaan jälkihoidon toteutumisesta. Peräkkäisissä kohteissa kuivumisaikoja käytetään töiden aloittamiseen seuraavaan kohteeseen, mutta huomioiden jälkihoito ja olosuhdeseuranta kuivumassa olevaan altaaseen. Mikäli samassa projektissa on useita kohteita käynnissä samanaikaisesti, voidaan työryhmiä suunnitella käytettäväksi niissä. [14, 15.]

Vetokokeet ja telinerakenteiden siirrot sovitaan mahdollisimman aikaisin niistä vastaavan aliurakoitsijan kanssa, jotta työsuoritukset saadaan tehtyä mahdollisimman sujuvasti. Teline rakenteissa alustavat päivämäärät voidaan antaa rakennetta ensimmäistä kertaa rakennettaessa, mitä tarkennetaan aikataulun varmistuessa myöhemmin. Työt tulee kuitenkin tilata viimeistään viikkoa ennen ajankohtaa, jotta saatavilla olisi tarvittava työvoima ja koneet. [44.]

Töiden aikana suoritetaan reaaliaikaista aikatauluseurantaa ja työmenekkien valvontaa, jotta poikkeamat havaitaan ajoissa ja niihin voidaan suunnitelmallisesti reagoida. Etenkin työvaiheiden alussa tulee menekkien toteutumista tarkkailla ja vertailla suhteessa suunniteltuun tahtiin, jotta korjaavia muutoksia voitaisiin realistisesti toteuttaa. [14.]

5.3 Telineiden ja sääsuojien käyttö

Teollisuuden suuret allasrakenteet edellyttävät useimmiten väliaikaisten rakenteiden käyttöä, jotka voivat olla laajoja sääsuoja, työtelineitä ja niiden yhdistelmiä. Lisäksi voidaan käyttää pienempiä liikuteltavia työtelineitä, jotka voivat olla myös osana suurempaa työteline ratkaisua. [14, 15.]

Käytettäessä massiivisia sääsuojauksia ja telinerakenteita on suunniteltava rakenteelle aiheutuvien kuormien ja rasiusten hallinta huolellisesti sekä tutkittava rakenteesta perustuksiin aiheutuvat kuormat. Väliaikaiset rakenteet voivat teollisissa allasrakenteissa kattaa satojen neliömetrien alueen ja vesitorneilla sääsuojaus saattaa esiintyä useiden kymmenien metrien korkeudessa tuulelle alttiina. Lisäksi rakenteet voivat vaatia maaperän kantavuuden tutkimista, mikä voi olla etenkin vesitorneilla tarpeen maaston ollessa vaihtelevaa juuren läheisyydestä poistuttaessa. [2, s.97–103.]

Suomessa on viime aikoina käyty keskustelua väliaikaisia rakenteita kokoavien työryhmien laadullisesta osaamisesta, missä vertailukohtaa on haettu Ruotsista, jossa väliaikaisten rakenteiden kokoaminen edellyttää erityisen koulutuksen suorittamista. Suomessa valtaosa varsinaista kokoamistyötä suorittavista työryhmistä koostuu ulkomaisesta halpatyövoimasta, minkä on nähty vaikuttavan työn laatuun sekä turvalliseen suorittamiseen. [56.]

Sääsuojissa ja suuremmissa telineissä esiintyy ongelmia, jotka vaikuttavat työn suorittamiseen, turvallisuuteen sekä laadunvarmistukseen työn aikana. Väliaikeisen rakenteen toteuttamiseen valittu aliurakoitsija tekee usein itse suunnitelman rakenteelle, mutta varsinainen kokoamistyön toteuttaa tämän aliurakoitsija. Pääurakoitsijan valitsema rakenteen suunnitellut aliurakoitsija usein käy muutaman kerran tarkistamassa rakenteen kokoamisen, jota kokoava aliurakoitsija suorittaa suunnitelman pohjalta. Ongelmaksi toimintatavassa on muodostunut työryhmien jatkuva vaihtuminen, mikä rasittaa pääurakoitsijan organisaatiota, sekä aiheuttaa laadullisia puutteita kun tietämys kohteen erityisvaatimuksista häviää.[15.]

Havaittuja ongelmakohtia väliaikaisissa rakenteissa ovat:

- Rakenteen vaikeat muodot
- Sääsuojien vedenpitävyys
- Reuna-alueiden hallinta ja ulosvienti tarpeeksi pitkälle
- Vesien valumien hallinta: vesipussien syntyminen, veden ohjautuminen saumoihin, veden valuminen reunoilta rakenteen sisälle
- Sääsuojan muokkaus muuttuvissa rakenne kohdissa
- Työturvallisuus. [15.]

Rakenteen vaikeat muodot johtavat etenkin telinerakenteissa etäisyyksien vaihteluun työstettävän kohteen ja telineen välillä. Esimerkiksi vesitornien säiliöt sisältävät usein ympyrämuotoja tai muita kulmien vaihteluita. Työmenetelmästä riippuen vaadittava etäisyys on noin 20–40 cm, jotta työtä voidaan tehdä ilman työturvallisuuden vaarantumista tai työn estymistä telineen ollessa tiellä. Telineet on suositeltavaa suunnitella yhdessä käyttäjän kanssa, jotta työ olisi turvallista tehdä ilman viivästyksiä. [15.]

Sääsuojaukseen vedenpitävyydessä esiintyy ongelmia, jotka näkyvät saumakohdissa sekä reikinä vanhoissa peitteissä. Etenkin tasoitukset ja pinnoitukset ovat häiriöalttiita vuotojen suhteen, jolloin pienikin vuoto edellyttää rajatun alueen tekemistä uudelleen purkutöiden jälkeen.

Sääsuojausta rakennettaessa tulee edellyttää ja tarkastaa saumakohtien huolellinen teippaus asianmukaisella leveällä ja hyvin liimautuvalla teipillä. Peitteitä tilattaessa selvennetään vuotojen merkittävyys ja edellytetään käytettäväksi mahdollisimman uusia peitteitä. Reuna-alueet tulee huomioida sääsuoja rakennettaessa, mikä helpoiten toteutetaan viemällä sääsuojan rakenteen reunat tarpeeksi pitkälle kunnostettavan rakenteen yli ja peitteen reunat vähintään metrin altaan reunoja alemmas. Huonosti toteutetut reuna-alueet johtavat sade- ja valumavesiä kunnostettavaan kohteeseen veden roiskussa ja valuessa reunoilta. [15.]



Kuva 22. Sääsuoja rakennusvaiheessa suotovesialtaalla [Mikael Vuorijärvi, 2013].

Tilattavat sääsuojat rakennetaan moduuleista koostuvista telinerakenteista, missä ongelmakohtana esiintyy puutteellinen suunnittelu muuttuviin rakennekohtiin. Esimerkiksi allasrakenteissa päätyreunat ovat usein vaihtelevan korkuisia, jolloin sääsuojan ja reunan väliin voi jäädä ongelmallinen avoin kohta. Usein sääsuojan asennusryhmä ratkaisee avoimen kohdan vetämällä tukemattoman peitteen sen yli ja sitoen sen reunaan kiinni, missä ongelmaksi tulevat vesien valumat sekä peitteen reunojen repeämät kuorituksessa. [15; 46.]

Työturvallisuus telineitä ja sääsuoja rakennettaessa on valitettavan usein puutteellista, missä näkyvät työn aliurakointiketjuttaminen, suunnittelun puutteet sekä asennusryh-

mien kiire. Ongelmana ovat telinetyölle tyypilliset putoamissuojauksen puutteet, kun rakenteesta puuttuvat varsinaiset kiinnikekohdat ja turvavaljaiden salliessa vapaan työskentelyn vain muutaman metrin alueella. Esimerkiksi sääsuojapeitettä vedettäessä ja saumoja teipattaessa ei kiinnitystä voi tehdä enää varsinaiseen telineeseen vaan vaadittaisiin sen päältä löytyvät kiinnityspisteet ja kelautuva tarrain putoamissuojavaljaissa. [15.]

5.4 Sääolosuhteet

Olosuhteiden hallinta on merkittävässä osassa betonirakenteen kunnostustyön laadullisessa onnistumisessa ja optimaalisten olosuhteiden ylläpidon merkitys työn aikataululliseen toteutumiseen on merkittävä. Käytettävät aineet vaihtelevat urakoittain ja vaikuttavat olosuhdehallinnan painokohtiin. [6, s.40; 14; 15.]

Suomessa vallalla olevan tavan mukaisesti projektit ajoittuvat kevät-syyskuu akselille, mikä johtaa helposti betonikorjauksen loppupäähän sijoittuvien optimaalisia sääolosuhteita edellyttävien työvaiheiden sijoittumisen heikentyviin sääolosuhteisiin. Olosuhteet etenkin tasoitus ja pinnoitustyössä vaikuttavat huomattavasti aikatauluun kuivumisaikojen pidentyessä ja tehokkaan päivittäisen työajan vähentyessä. Kuivumisaikojen pidentyminen voi johtaa laadullisiin ongelmiin jos pinnoite lisätään liian aikaisin tasotetun betonipinnan päälle. Tällöin tartunta jää heikoksi ja pinnoitteen elinikä madaltuu huomattavasti. Heikot olosuhteet vaikuttavat myös aineiden sitoutumiseen ja huono laatu voidaan huomata vasta vetokokeissa tai takuuajan aikana. [6, s.48; 35, s.5.]

Kesäisin kuuma sää vaikuttaa työntekoon haitallisesti hidastaen työtahtia ja aiheuttaen nestehukkaa. Lämpötila nousee etenkin avoimissa altaissa helposti yli suositusten, jolloin työsuojelu edellyttää pidettäväksi 10 minuuttia taukoa tunnissa $+28^{\circ}\text{C}$ ja 15 minuuttia taukoa tunnissa yli 33°C lämpötilassa. Lämpötilan noustessa on ensisijaisen tärkeää huolehtia neste- ja suolatasapainosta, jolloin on suositeltavaa nauttia suoloja sisältävää juomaa 1–2 dl 20 minuutin välein. Käytännöllistä on varata työntekijöiden käyttöön ki-
vennäisvettä hellekaudella. [15; 36; 37]

Sääsuojan avulla saadaan ulkona sijaitseviin tiloihin myös varjostusta lämpötilan laske-
miseksi, johon myös vastakkaiset päädyt avaamalla saadaan järjestettyä ilmankierto ti-
lannetta helpottamaan [15.]

Henkilökohtaisessa suojavaarustuksessa voidaan käyttää viilennystä tarjoavia ratkaisuja,
joita on saatavilla suojavaatteissa sekä hengityssuojaimissa. Etenkin hiekkapuhallusky-
päää varten on suositeltavaa käyttää hengitysilman ilmastointilaitetta, joita voidaan
käyttää ilman viilentämiseen tai lämmittämiseen. Viilentävillä ratkaisuilla parannetaan
työskentelymukavuutta ja suojainten käyttöä, kun suojalasien huurtuminen ja suojainten
kostuminen vähenee. [15.]

6 Tulokset

Vesialtaiden ja -säiliöiden betonirakenteiden kunnostustyö edellyttää aikataulu- ja työnsuunnittelun huolellista toteutusta, jossa tärkeää on tietää miten rakenteen vauriot ovat syntyneet, miten valitut työmenetelmät sopivat kohteeseen. Työtä suorittaessa toteutetaan ja dokumentoidaan systemaattisesti työvaiheiden laadunvarmistuksen edellyttämää toimintaa, jossa ensisijaisen tärkeää on hallita ympäröivät olosuhteet.

6.1 Aikataulu- ja työnsuunnittelu

Aikataulu- ja työnsuunnittelua toteutetaan Skanskalla Luotettavan tuotannon toimintatavan (LTT) mukaisesti, jossa Skanskan työnjohdon ja aliurakoitsijan yhdessä työntekijöiden laatimaa suunnittelua tarkennetaan asteittain ja varmistetaan työn tekemisen edellytysten täyttymisestä. Suunnittelu on tärkeää toteuttaa yhdessä, jotta saadaan aikaan realistinen kaikkia osapuolia tyydyttävä ratkaisu.

Työvaiheen aikana työnjohto varmistuu päivittäin työntekijöiden olevan tietoisia työsuorituksen sisällöstä ja vaatimuksista. Lisäksi suoritetaan reaaliaikaista työvaiheen seurantaa, jossa tarkastellaan aikataulua, menekkejä, laatua ja olosuhteiden kehittymistä. Häiriötilanteen esiintyessä siihen puututaan työnsuunnittelussa tehdyn varautumissuunnitelman mukaisesti. Esiintyneet häiriöt tarkastellaan ja niistä tehdään analyysi, jossa tarkoituksena on oppia tehdystä virheestä ja saada tietoa miten virhe voidaan välttää tulevaisuudessa.

Aikataulua suunnitellessa varaudutaan eri työvaiheisiin sisältyviin riskeihin ja riskienhallintatoimet esitetään työsuunnitelmissa. Aikataulusuunnittelua ohjaavat tilaajan antamat aikataulua koskevat vaatimukset sekä syksyä kohden huononevat olosuhteet, jotka muodostaa työn laatua ja kustannuksia koskevia riskejä.

6.2 Työmaan käytännöt

Työmaalla korjaus- ja kunnostustyössä käytettävät työmenetelmät suunnitellaan vastaamaan työn vaatimusten tarpeita. Korjaustyösuunnitelmissa esiintyy suunnittelijan näke-

mys, mutta ammattitaitoinen urakoitsija voi antaa vaihtoehtoisia menetelmä- ja materiaaliehdotuksia. Käytettävien työmenetelmien toimivuus on suositeltavaa testata mahdollisimman aikaisin, jotta yllätyksiltä säästytäisiin.

Olosuhteiden hallinta työmaalla vaikuttaa laajalti työn laadulliseen tulokseen sekä aikataulun toteutumiseen. Auringon valo, tuuli, sade sekä ilman suhteellinen kosteus, lämpötilat alustassa ja ilmassa ja kastepiste vaikuttavat työvaiheiden työmenekkeihin, kuivumisaikoihin sekä laatuun, jos niitä ei asianmukaisesti hallita. Olosuhteita hallitaan myös varastoinnin ja aineiden sekoituspaikkojen yhteydessä, jotta käytettäviä aineita ja materiaaleja ei mene hukkaan. Lisäksi työvaiheista ympäristöön ja häiriintyviin kohteisiin aiheutuvat haitat on suositeltavaa hallita suunnitellusti, jota varten voidaan käyttää vaihtoehtoisia menetelmiä tai riittävää suojausta. Olosuhteiden tarkkailua varten työmaan työnjohdolla on hyvä olla käytettävissä ilman lämpö- ja kosteusmittarit työkohteessa sekä pintalämpötila- ja märkäkalvopaksuusmittarit ajoittaisia mittauksia varten.

Työolosuhteet hallitaan myös huomioimalla työn vaatima valaistus, telineiden ja koneiden turvallisuus ja kelpoisuus työhön ja ilmanvaihto. Eri työvaiheet ja menetelmät vaativat niihin soveltuvat suojausvarusteet, joita valittaessa huomioidaan etenkin pöly, kemikaalit ja käyttömukavuus. Ruiskutustyö kemikaaleilla edellyttää tavallisesti tiiviitä suojalaseja, pitkähihaista vaatetusta, kemikaalin kestäviä käsineitä ja laadukkaita hengityssuojaimia. Lisäksi tarvittaessa järjestetään lisätaukoja ja suoloja sisältävää vettä lämpimällä säällä.

Sääsuojat ovat suuria kustannuksia työmaalle, mutta niiden avulla hallitaan tehokkaasti ulkona tehtävien töiden sääolosuhteisiin liittyviä riskejä. Sääsuojien toteutuksessa huomioidaan etenkin valumavedet, tiiveys ja rakenteen muutoskohdat. Telineet ovat usein välttämättömiä, mutta ne voidaan osin tai kokonaan korvata pienemmin liikuteltavien telinein ja konein. Jos telineitä korvataan, on kuitenkin varmistuttava välineen kelpoisuudesta työn turvalliseen suorittamiseen. Työmaan alussa tehtävät telinerakenteet muodostavat yleensä työmaan suurimpia kustannuseriä ja niiden ajallinen onnistuminen on kunnostustyön kannalta oleellista. Jos väliaikaisia rakenteita joudutaan tekemään uudelleen tai pitkään, on vaikutus kunnostustyön viivästyessä erittäin haitallinen. Sääsuojissa ja muissa suurissa telinerakenteissa tärkeää on suunnitella yksityiskohdat riittävän huolellisesti yhdessä loppukäyttäjän kanssa, jotta työn tekeminen sujuu ongelmitta ja turvallisuus ei vaarannu.

Betonikorjauksessa käytetään runsaasti virtaa vaativia laitteita ja työmaalla selvitetään sähköntarve ja varataan riittävästi alasähkökeskuksia työvaiheiden tarpeiden mukaisesti. Monet käytettävät laitteet vaativat voimavirtaa sekä käytössä voi olla samanaikaisesti useita valovirralla toimivia laitteita. Työmaan yleissuunnittelussa varaudutaan myös jätehuollon toteuttamiseen, jossa erikseen on selvitettävä purkutöiden jätteiden sekä kunnostuksessa käyttävien aineiden jäteluokittelu.

6.3 Työmenetelmät

Purkutyön työmenetelmien valintaan vaikuttavat työsuunnitelmien ohjeistuksen lisäksi kohteen ominaisuudet sekä purettavat määrät. Tarvittaessa urakoitsija voi ehdottaa tilaajalle käytettäväksi vaihtoehtoisia menetelmiä. Ensisijaista on saavuttaa vaadittu purkutyön taso, joka usein tarkoittaa pinnan puhdistamista, korroosioaurioiden avaamista, sekä vaadittavan vetolujuusarvon (1,5 MPa) alittavan betonin poistamista. Menetelmien valintaan vaikuttaa määrien ja tilojen lisäksi työmenetelmästä aiheutuva muu haitta, kuten suojaus- ja siivoustyön määrä, joita oikeilla työmenetelmillä voidaan vähentää.

Suoritettavat betonipaikkaukset ovat tavallisesti pieniä, jotka voidaan parhaiten hoitaa käsin. Paikkaustyön onnistumiseen vaikuttavat alustan puhtaus, esikäsitteleminen ja jälkihoito, jotka hoidetaan suunnitelmallisesti dokumentoiden.

Tasointus- ja tartuntalaastien levitys on kätevintä toteuttaa suurille pinta-aloille ruiskuttamalla ja harjaamalla, jolloin saadaan tasalaatuinen lopputulos nopeasti. Myös pinnoitteiden levitys on käytännöllistä toteuttaa ruiskuttamalla suurille pinta-aloille, joskin viimeistelytyöt suoritetaan käsin. Ruiskuttamalla suoritettavaa työtä varten suunnitellaan työstä aiheutuvan sumun ja roiskeiden hallinta asianmukaisesti, jolloin tärkeää on estää leviäminen ja suojata häiriölle herkät kohteet.

Työmenetelmien toimivuus kohteessa varmistetaan mahdollisimman aikaisin ja työstä tehtävä mallityö hyväksytetään tilaajan edustajalla. Työn aikana ja etenkin alkuvaiheessa on tärkeää toteuttaa reaaliaikaista aikataulu- ja menekkiseurantaa, jotta tuotannonhäiriöihin voidaan puuttua mahdollisimman nopeasti.

Betonikorjauksen vaihtelevat työmenetelmät ja aineet edellyttävät työturvallisuudessa suojaustarpeen kattavaa selvittämistä, joka kannattaa tiedottaa selkeästi myös työntekijöille. Telineillä ja korkealla tehtäviin korjaustöihin liittyy aina putoamisvaara, joka tulee huomioida työtä suunnitellessa. Rakenteiden vaikeista muodoista johtuen kulku altaaseen tai säiliöön on usein putoamisen kannalta vaarallinen, missä on hyvä käyttää suunniteltua porras/kulkutelinettä tai itsekelaavia tarraimi suojavaaljaissa.

6.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistusta toteutetaan suunnitteleamalla työ- ja laatusuunnitelmat, joissa huomioidaan kohteen erityispiirteet, menetelmien käyttö ja aineiden olosuhdevaatimukset. Työn aikana laadunvarmistusta tarkkaillaan ja dokumentoidaan systemaattisesti, jota myös tuetaan valokuvien avulla. Valokuvat järjestellään työvaiheen tai sijainnin mukaisiin kansioihin ja valokuviiin sisällytetään tieto kuvan aiheesta ja sijainnista.

Laadunvarmistuksessa tärkeää on hallita ja dokumentoida olosuhteet, jotka määräytyvät työvaiheen vaatimusten mukaisesti. Lopputulosta tarkkaillaan suorittamalla kokeita pintojen tartuntavetolujuuksille eri työvaiheissa, sekä mittaamalla levitettävien tuotteiden kalvopaksuuksille tehtävän työn aikana. Tarvittaessa työsuunnitelmissa varaudutaan laatimalla toimintasuunnitelma häiriötilanteeseen, jossa laatu alittaa vaatimukset.

Ulkona tehtävissä töissä on suositeltavaa käyttää sääolosuhteiden hallintaan sääsuojasta, jonka suunnittelussa huomioidaan syksyllä huononeva sää. Tarvittaessa pohditaan lämmityksen, kosteuden poiston ja kaksoispeitteiden käyttöä, mitkä voivat olla käytökelpoisia työn sijoituessa syksylle.

6.5 Työryhmät

Betonirakenteiden korjaus- ja kunnostustyöt ovat vaativia töitä, jotka edellyttävät käytettävältä työvoimalta ammattitaitoa sekä käytettävien menetelmien ja aineiden tuntemusta. Käytettävien työryhmien määrien suunnittelu toteutetaan yhdessä työn aikataulusuunnittelun kanssa, johon vaikuttavat tilaajan vaatimukset sekä olosuhteiden heikentyminen syksyä kohden. Lisäksi varaudutaan lisätyövoiman tarpeeseen tuotannossa esiintyvien

häiriöiden varalta, jolloin on tiedettävä onko lisätyövoimaa saatavilla tai onko työmenekkejä mahdollista parantaa toisella menetelmällä.

Oma työryhmän perustus edellyttäisi hankintoja sekä osaavien työntekijöiden rekrytointia. Pienimmillään yhtä työmaata kohden tarvittaisiin vähintään neljä ammattimiestä, sekä työnjohtomallin selvittäminen. Työryhmä tarvitsee käyttöönsä yleisimpiä kunnostustyövälineitä, joista osa on vuokrattavissa. Lisäksi aliurakointina on kustannustehokainta toteuttaa erityismenetelmiä vaativat toimenpiteet ja tuotannon huippujen tasoittaminen.

7 Yhteenveto

Betonirakenteiden kunnostustyön toteutus on tärkeää suunnitella huolellisesti ja työn suorituksessa käyttää ammattitaitoista työvoimaa, joka tuntee vauriot, kunnostusmenetelmät ja käytettävät aineet. Työsuoritukset ja niiden edellytykset on hyvä suunnitella työn suorittajan kanssa, jotta turvallisuus ja työtehokkuus saadaan hallintaan heti alusta alkaen. Koneiden, telineiden ja sähköistyksen suunnittelussa on huomioitava työn suorittajien ja käytettävien menetelmien edellyttämät erityistarpeet. Urakoitsijan suunnittelua varten Skanskalla on käytettävissään toimivia apuohjelmia ja Excel-pohjia, jotka oikein käytettynä helpottavat ja edistävät työsuunnittelua.

Laatuun, aikatauluun ja kustannuksiin vaikuttavat erityisesti työvaiheiden aikana vallitsevat olosuhteet ja niiden hallintaan käytettävät toimenpiteet. Hallintaan käytettävät toimenpiteet voivat olla kustannuksiltaan merkittäviä, mutta olosuhteiden hallitsemattomuus muodostaa merkittävän aikatauluun ja laatuun vaikuttavan riskin. Riski on merkittävä etenkin viimeisiin vaiheisiin sijoittuvien tasoitus- ja pinnoitustöiden aikana, jolloin virheellinen olosuhde voi merkitä viikkojen viivästystä tai työn tekemistä kokonaan uudelleen. Työn aikatauluun ja kustannuksiin vaikuttavat myös valitut menetelmät ja niistä aiheutuvien haittojen hallinnan kustannukset ja ylimääräinen työ. Työsuunnittelussa tulee pohtia voidaanko vaiheita korvata toisella menetelmällä, jos näin saavutetaan hyötyä suojaus- ja siivouskustannuksissa ja ajankäytössä.

Laadun takaamiseksi työn aikana suoritetaan jatkuvaa systemaattista valokuvien tuettua laadunvarmistustoimintaa, jonka tulokset dokumentoidaan huolellisesti. Laadunvarmistustoimintaa varten työnjohdolla ja työntekijöillä tulee olla tiedossa työn laatuun vaikuttavat tekijät ja käytettävissä tulee olla tarvittavat laitteet laadunvarmistamiseksi. Urakoitsijan suunnittelussa tulee kuitenkin myös esittää varautumissuunnitelmia häiriötilanteisiin laadussa ja aikataulussa. Aikataulun ja menekkien toteutumista seurataan reaaliaikaisesti, jolloin häiriötilanteisiin voidaan puuttua mahdollisimman ajoissa.

8 Pohdintaa

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää vesialtaiden ja -säiliöiden betonirakenteiden kunnostustyön toteutuksen aikatauluun, laatuun ja kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Merkittäviä tekijöitä kokonaisuudelle ovat huolellinen työ- ja aikataulusuunnittelu, sekä suunnitelmallinen työvaiheiden olosuhdehallinta. Työvaiheiden toteutuksessa tulee huomioida vaiheen vaatimien edellytysten täyttyminen ja varaudutaan suunnitelmallisesti häiriöihin. Työmenetelmiä valittaessa vaikuttavia tekijöitä ovat etenkin menetelmän tehokkuus ja laatu sekä häiriöt ympäristöön. Osa menetelmistä edellyttää sopivissa olosuhteissa huolellista eristämistä, suojausta sekä jälkien siivousta, mikä ei osassa menetelmistä ole niin tarpeellista. Laadunvarmistusta ajatellen työvaiheet dokumentoidaan huolellisesti valokuvien ja mittaustulosten kanssa, jolloin voidaan myös jälkikäteen varmistaa toimintatavat. Varsinkin valokuvat ovat hyödyllisiä, mutta niissä tulee esittää tietoa sijainnista ja kuvan aiheesta.

Työssä käytetty tieto perustuu luotettaviin ohjeistuksiin sekä työmaan hyväksytyyn kokemustietoon, joita voidaan pitää käyttökelpoisina. Menekkitietojen osalta tuloksiin vaikuttavat liiallisesti paikalliset olosuhteet, toteutustavat ja työympäristö, mitä tiedoissa ei esiinny ja vaihtelu on suurta.

Betonirakenteiden korjaustöiden ohjeistus on viimeaikoina edennyt huomattavasti ja uutta tietoa on hyväksytty käyttökelpoisina. Lisäksi kunnostustöissä on käytettävissä uusia menetelmiä ja aineita. Aiheen parissa työskentelevien henkilöiden on hyvä hankkia vähintään betonirakenteiden korjausohjeet 2007 BY41, joka on päivitetty standardin SFS-EN 1504 ja vakiintuneen tiedon mukaisesti.

Hyödyllistä jatkotutkimusta voisi tehdä olosuhteiden hallintamenetelmistä ja sääsuojien lämmityksen ja kuivatuksen käyttökelpoisuudesta betonirakenteiden kunnostuksessa. Toinen tutkittava voisi koskea betonirakenteiden purkumenetelmiä ja niiden soveltuvuutta eri ympäristöissä. Työmaaolosuhteissa suositeltavaa olisi kerätä yhdenmukaiseen muotoon kerättävää tietoa menetelmien menekeistä, joissa lisätietona esitetään olosuhteet, käytetyt koneet ja muut huomiot. Yhteen kansioon omien nimikkeiden alle kerättävä yhdenmukainen tieto menetelmien toimivuuksista olisi eduksi jatkossa ja antaisi paremmin vertailukelpoista tietoa.

Lähteet

- 1 Suomen Betoniyhdistys ry 2011. Betonitekniikan oppikirja 2004 BY 201. Lahti: ESA Print oy
- 2 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2013. RIL 264–2013 Vesitornien ja alavesisäiliöiden kunnonhallinta. Tampere: Tammerprint Oy
- 3 Aaltonen, Esko 2004. Betonin korjaus ja suojaus sementtipohjaisilla tuotteilla jäteveden käsittelylaitoksissa. MK Tänään. 1/2004
- 4 Suomen Betoniyhdistys ry 2013. Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013 BY 42. Vantaa: Multiprint oy
- 5 YARA Suomi Oy. Rikkivety jäteveden käsittelylaitoksessa. Korroosio-ongelmat. [Http://www.yara.fi/typpikemikaalit/hajuhaitat-ja-rikkivetyjen-torjunta/rikkivedyn-torjuminen-jateveden-kasittelylaitoksissa/](http://www.yara.fi/typpikemikaalit/hajuhaitat-ja-rikkivetyjen-torjunta/rikkivedyn-torjuminen-jateveden-kasittelylaitoksissa/). Luettu 13.1.2015
- 6 Suomen Betoniyhdistys ry 2007. By 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2007. Porvoo: Painoyhtymä Oy
- 7 Lämsä, Jouko, 2002. SILKO 1.233 Halkeamien korjaaminen – Yleisohje. Tampere: Ecuprint Oy
- 8 Suomen Betoniyhdistys ry 2012. By 50 Betoninormit 2012. Lahti: Esa-Print Oy
- 9 Pihlajanvaara, S.E, Pihlman, Esko 1991. Lujan betonin käyttöiän arvioiminen pintavaurioin etenemisen perusteella. VTT
- 10 .Rakennuslehti 4.4.2014
- 11 Koskela, Lauri; Koskenvesa, Anssi 2003. Last Planner tuotannonohjaus rakennustyömaalla. Espoo: Otamedia Oy
- 12 Koskenvesa, Anssi; Sahlsted, Satu 2013. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. 2. painos. Tampere: Tammerprint Oy
- 13 Lincoln, H. Forbes, Syed M. Ahmed 2011. Modern Construction Lean Project Delivery and Integrated Practices. Taylor & Francis Group LLC
- 14 Halkosaari, Samuli 2014-2015. työpäällikkö. Skanska Infra. Haastattelu
- 15 Haanpää, Raimo 2014-2015. työnjohtaja. Suomen Betonikorjaus. Haastattelu

- 16 Aatola, Laura 2007. Viemärihajujen synty ja hallintamenetelmät. Diplomityö. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto
- 17 Hämäläinen, Juho-Pekka 12.6.2014. Vaiheaikataulu. Skanskan Intranet
- 18 Pesonen, Sakari 2009. Luotettavan tuotannon toimintatapa käännetty vaiheaikataulu (KVA). Skanska
- 19 Hämäläinen, Juho-Pekka 4.6.2014. Tuotannonohjaus. Skanskan Intranet
- 20 Hämäläinen, Juho-Pekka 12.6.2014. Viikkoaikatalu. Skanskan Intranet
- 21 Leino, Antti 27.1.2014. Päivän työsuunnitelma. Skanskan Intranet
- 22 Viisi miksi
- 23 Hämäläinen, Juho-Pekka 12.6.2014. Tehtäväsuunnittelu. Skanskan Intranet
- 24 Hämäläinen, Juho-Pekka 4.6.2014. Aikatauluohjaus ja tuotannonohjaus. Skanskan Intranet
- 25 Hämäläinen, Juho-Pekka 16.5.2013. Control. Skanskan Intranet
- 26 Suomen Betoniyhdistys r.y; Suomen Betonilattiyhdistys r.y 2010. Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010 BY54. Lahti: EsaPrint Oy
- 27 Lämsä, Jouko 2010. Silko 1.231 Betonin paikkaus – Yleisohje. Helsinki: Edita Prima Oy
- 28 Haukijärvi, Matti 2005. Betonijulkisivut Pinnoitus- ja paikkauskorjaukset - suunnitteluohjeet. Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikka.<
http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Suunnittelu_betoni_pinnoitus_paikkaus.pdf>
- 29 Tiehallinto 2008. Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen. Helsinki: Prima Edita
- 30 Kekki, Kaisa 2010. Skanskan Ympäristöpakka. Tallinna: SpinPress
- 31 Tilastokeskus www-sivut. Yleisimpien jätteiden ja ongelmajätteiden luettelo. <
[Http://www.stat.fi/til/jate/jate_2005-01-19_luo_001.html#rakentjapurkam](http://www.stat.fi/til/jate/jate_2005-01-19_luo_001.html#rakentjapurkam)>. Luettu 15.2.2015

- 32 Ympäristöministeriö 11.6.2014. Siirtoasiakirja – muistio. <<http://www.ym.fi/download/noname/%7B3D1D2E64-CFB4-495B-B5D2-4187EB8F0C63%7D/105968>>. Luettu 1.3.2015
- 33 Kiertokapula www-sivut. Rakennusjäte. <<http://www.kiertokapula.fi/jatehuolto/lajittelu/rakennusjate/>>. Luettu 15.2.2014
- 34 Skanska Rakennuskone 1/2009. Vuokraa viisaasti... . Hämeen kirjapaino 2009
- 35 Sto Finexter 2009. Betonirakenteiden korjausohjeet. <http://www.sto.fi/media/documents/finska_betongmetoder/dokumentation_parvek_etc/51231_FI-pdf-StoCrete_Betonipaikkausohje.pdf>. Luettu 10.3.2015
- 36 Sosiaali ja Terveysministeriön www-sivut, 2010. Helteen aiheuttamaa terveysriskiä voi torjua yksinkertaisin keinoin. <<http://www.stm.fi/tiedotteet/verkkouutinen/-/view/1519532>>. Luettu 10.3.2015
- 37 Työsuojelun www-sivut. Lämpöolot. <<http://www.tyosuojelu.fi/fi/lampoolot>>. Luettu 10.3.2015
- 38 Savola, Markku 2014. Kokemuksia siltatyömaiden sääsuojauksista. Powerpointesitys. Destia. <http://www.betoniyhdistys.fi/media/betonipaivat/kokemuksia-silta-tyomaiden-saasuojauksista_savola.pdf>. Luettu 10.3.2015
- 39 Tekn www-sivut. Polyurea. <<http://www.Teke.fi/tuotteet/polyurea>>. Luettu 1.3.2015
- 40 Praetorium www-sivut. Polyurean historia. <<http://www.praetorium.com/polyurea-history.php>>. Luettu 1.3.2015
- 41 Oy Sika Finland Ab. Talvikorjausohje: Betonin korjaus ja pinnoitus kylmällä ilmalla. <http://fin.sika.com/dms/getdocument.get/05b2909f-118b-3507-9b7c-73dc3ab201d0/con_to_talvikorjausohje_betonille.pdf>. Luettu 1.3.2015.
- 42 Sto Finexter www-sivut. StoCretec: Betonirakenteiden korjaus- ja pinnoitusohjeet. <http://www.sto.fi/media/documents/finska_betongmetoder/dokumentation_parvek_etc/51231_FI-pdf-StoCrete_Betonipaikkausohje.pdf>. Luettu 1.3.2015
- 43 Sto Finexter 2009. QS-Menetelmä. <http://www.sto.fi/media/documents/broschyter/betong_1/QS-menetelmae.pdf>. Luettu 1.3.2015
- 44 Koponen, Pekka 2015. Työpäällikkö. Skanska Infra. Haastattelu
- 45 Betoniyhdistys r.y 2012. Betoninormit 2012 BY50. Lahti: Esa Print Oy

- 46 Lainapeite www-sivut. Sääsuoja. <[http://www.lainapeite.fi/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/saasuojat-ja-rakennustelineet/maxi-ja-lgs-saasuoja/ by54](http://www.lainapeite.fi/tuotteet-ja-palvelut/tuotteet/saasuojat-ja-rakennustelineet/maxi-ja-lgs-saasuoja/by54)>. Luettu 15.2.2015.
- 47 Suomen Betoniyhdistys r.y; Suomen Betonilattiayhdistys r.y 2010. Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010 BY54 / BLY 12. Lahti: Esa Print Oy
- 48 Timber, Kenneth A. 2010. Removing Coatings and Cleaning Masonry Substrates. KTA Tator Inc. PowerPoint-esitys
- 49 Skanska Infra Oy. Työmaiden menekkitiedostot. Skanskan Intranet
- 50 Teknos Oy 2014. Pintakäsittelyn käsikirja. <<http://www.mz.teknos.com/marketing-zone/getitem.asp?id=%7B68264E5F-CBA6-4BBB-92CC-18D619FF7145%7D>>. Luettu 1.2.2015
- 51 Rakennusliiton www-sivut. Maa ja vesirakennusalan TES 20.3.2014–29.2.2016. <<http://rakennusliitto.fi/wp-content/uploads/2014/11/maajavesites2014netti.pdf>>. Luettu 1.3.2015
- 52 Skanska Oy. Skanska Suljetut tilat –ohje. <http://www.skanska.fi/cdn-1d0190353f344f4/Global/Tietoa_Skanskasta/Downloads/Suljetut-tilat.pdf>. Luettu 2.3.2015
- 53 Lahdensivu, Jukka; Köliö, Arto 2013. Betonirakenteiden säilyvyysvaatimusten riittävyys FRAME-tutkimuksen mukaan. Betoni-lehti. 3/2013
- 54 Lindholm, Mika 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy
- 55 Liikennevirasto Taitorakenneyksikkö 2012. Silko: Betonirakenteet: Betonin suojaaminen. <<http://www2.liikennevirasto.fi/sillat/silko/kansio1/s1251.pdf>>. Luettu 16.1.2015
- 56 Mölsä, Seppo 2014. Telineasentajista 70 prosenttia on meillä ulkomaalaisia, Ruotsissa vain 10 prosenttia. Rakennuslehti 5.12.2014
- 57 Australian Online Coastal Information www-sivut. Economic consequences of acid sulfate soils.<http://www.ozcoasts.gov.au/indicators/econ_cons_acid_sulfate_soils.jsp>. Luettu 20.1.2015
- 58 Edu.fi www-sivut. Märkäkalvon paksuuden mitta. <<http://www03.edu.fi/oppi-materiaalit/metallituotemaalaus/lab01.html>>. Luettu 14.2.2015
- 59 Ahonen, Auvo 2015. Työmaapäällikkö. Skanska Infra. Haastattelu